

Лекция 2 Методы психофизиологических исследований.

План

1. Регистрация импульсной активности нервных клеток.
2. Электроэнцефалография.
3. Магнитоэнцефалография.
4. Позитронно-эмиссионная томография мозга.
5. Окулография.
6. Электромиография.
7. Электрическая активность кожи

1 Регистрация импульсной активности нервных клеток.

В условиях нейрохирургических операций у человека можно непосредственно регистрировать импульсную активность нейронов. Это делается с помощью специальных металлических или стеклянных микроэлектродов с диаметром около 1 мкм. Кончик электрода подводят близко к нейрону, но так, чтобы не повредить его. Потенциалы действия нейронов усиливают с помощью специальной электронной техники и анализируют с использованием специальных компьютерных программ.

Самый доступный и хорошо отработанный метод исследования центральной нервной системы — электроэнцефалография (рис. 4.26). Регистрация электрических потенциалов с поверхности мозговой части черепа проводится в обычных — положение обследуемого при снятии ЭЭГ; 6 — схема наложения регистрирующих электродов на поверхность головы условиях, без повреждающего вмешательства.

2. Электроэнцефалография.

Электроэнцефалография (аббревиатура — ЭЭГ; от др.-греч. ἤλεκτρον — электрон, янтарь, ἐγκέφαλος — головной мозг и γραμμα — запись) — раздел электрофизиологии, изучающий закономерности суммарной электрической активности мозга, отводимой с поверхности кожи волосистой части головы, а также метод записи таких потенциалов. Также ЭЭГ — неинвазивный метод исследования функционального состояния головного мозга путём регистрации его биоэлектрической активности.

Электроэнцефалография измеряет колебания напряжения в результате ионного тока в нейронах головного мозга. Клинически электроэнцефалограмма является графическим изображением спонтанной электрической активности мозга в течение определенного периода времени, записанной с нескольких электродов на мозге или поверхности скальпа.

Начало изучению электрических процессов мозга было положено Д. Реймоном (Du Bois Reymond) в 1849 году, который показал, что мозг, так же как нерв и мышца, обладает электрогенными свойствами.

24 августа 1875 года английский врач Ричард Катон (R. Caton) (1842—1926) сделал доклад на заседании Британской медицинской ассоциации. В этом докладе он представил научному сообществу свои данные по регистрации от

мозга кроликов и обезьян слабых токов. В том же году независимо от Кэтона русский физиолог В. Я. Данилевский в докторской диссертации изложил данные, полученные при изучении электрической активности мозга у собак. В своей работе он отметил наличие спонтанных потенциалов, а также изменения, вызываемые различными стимулами.

В 1882 году И. М. Сеченов опубликовал работу «Гальванические явления на продолговатом мозгу лягушки», в которой впервые был установлен факт наличия ритмической электрической активности мозга. В 1884 году Н. Е. Введенский для изучения работы нервных центров применил телефонический метод регистрации, прослушивая в телефон активность продолговатого мозга лягушки и коры больших полушарий кролика. Введенский подтвердил основные наблюдения Сеченова и показал, что спонтанную ритмическую активность можно обнаружить и в коре больших полушарий млекопитающих.

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

Первая запись ЭЭГ человека получена немецким психиатром Гансом Бергером в 1924 году. Он же предложил запись биотоков мозга называть «электроэнцефалограмма». Работы Бергера, а также сам метод энцефалографии получили широкое признание лишь после того, как в мае 1934 года Эдриан (Adrian) и Мэттьюс (Matthews) впервые убедительно продемонстрировали «ритм Бергера» на собрании Физиологического общества в Кембридже.

3. Магнитоэнцефалография.

Магнитоэнцефалография активности нервных клеток. МЭГ дополняет метод ЭЭГ. Общность нейрофизиологических процессов, регистрируемых ЭЭГ и МЭГ, отражается в одинаковых характеристиках временного разрешения: оба метода позволяют наблюдать события в диапазоне сотен миллисекунд. МЭГ обладает более точным пространственным разрешением (порядка миллиметров), так как магнитная активность нейронов не зависит от электропроводящих свойств окружающих тканей (мозговых оболочек, спинномозговой жидкости, костей черепа и т. д.) и регистрируется неискаженной. Характер ЭЭГ на поверхности черепа может отличаться от электрокортикограммы соответствующей локализации за счет получения информации от дальних областей мозга.

МЭГ-сигналы были впервые измерены физиком из Университета Иллинойса Дэвидом Коэном в 1968 году, еще до появления кальмаров, с использованием медной индукционной катушки в качестве детектора. Для уменьшения магнитного фонового шума измерения проводились в магнитно-экранированной комнате. Катушечный детектор был недостаточно чувствительным, что приводило к плохим, шумным измерениям МЭГ, которые было трудно использовать. Позже Коэн построил гораздо лучше

защищенную комнату в Массачусетском технологическом институте и использовал один из первых детекторов SQUID, только что разработанный Джеймсом Э. Циммерманом, исследователем из Ford Motor Company, для повторного измерения сигналов MEG. На этот раз сигналы были почти такими же четкими, как на ЭЭГ. Это стимулировало интерес физиков, которые искали применение кальмаров. После этого начали измерять различные типы спонтанных и вызванных МЭГ.

4. Позитронно-эмиссионная томография мозга.

Позитронно-эмиссионная томография головного мозга представляет собой форму позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ), которая используется для измерения метаболизма головного мозга и распределения экзогенных химических веществ, меченных радиоактивным изотопом, в головном мозге. ПЭТ измеряет выбросы метаболически активных химических веществ с радиоактивной меткой, которые были введены в кровоток. Данные о выбросах ПЭТ головного мозга обрабатываются компьютером для получения многомерных изображений распределения химических веществ по всему мозгу.

Используемые позитронно-излучающие радиоизотопы обычно производятся на циклотроне, и химические вещества маркируются этими радиоактивными атомами. Радиоизотопы, используемые в клиниках, обычно представляют собой ^{18}F (фторид), ^{11}C (углерод) и ^{15}O (кислород). Меченое соединение, называемое радиоактивным индикатором или радиолигандом, вводится в кровоток и в конечном итоге попадает в мозг через кровообращение. Детекторы в ПЭТ-сканере обнаруживают радиоактивность в виде зарядов соединений в различных областях мозга. Компьютер использует данные, собранные детекторами, для создания многомерных (обычно трехмерных объемных или четырехмерных изменяющихся во времени) изображений, которые показывают распределение радиофармпрепарата в мозге во времени. Особенно полезен широкий спектр лигандов, используемых для картирования различных аспектов активности нейротрансмиттеров, при этом наиболее часто используемым индикатором ПЭТ является меченая форма глюкозы, такая как фтордезоксиглюкоза (^{18}F).

5. Окулография.

Окулография (отслеживание глаз, трекинг глаз; айтрекинг) — определение координат взора («точки пересечения оптической оси глазного яблока и плоскости наблюдаемого объекта или экрана, на котором предьявляется некоторый зрительный раздражитель»).

Движения глаз являются важным показателем в психофизиологическом эксперименте. Регистрация движений глаз называется окулографией.

С одной стороны, окулографический показатель необходим для выявления артефактов от движений глаз в ЭЭГ, с другой стороны, этот показатель выступает и как самостоятельный предмет исследования, и как составляющая при изучении субъекта в деятельности. Амплитуду движения глаз определяют в угловых градусах. Существует восемь основных видов движений глаз [Барабанщиков, Милад, 1994]. Три движения — тремор

(мелкие, частые колебания амплитудой 20–40 угловых секунд), дрейф (медленное, плавное перемещение глаз, прерываемое микроскачками) и микросаккады (быстрые движения продолжительностью 10–20 мс и амплитудой 2–50 угловых минут) относят к микродвижениям, направленным на сохранение местоположения глаз в орбите.

Из макродвижений, связанных с изменением местоположения глаз в орбите, наибольший интерес в психофизиологическом эксперименте представляют макросаккады и прослеживающие движения глаз. Макросаккады отражают обычно произвольные быстрые и точные смещения взора с одной точки на другую, например при рассматривании картины, при быстрых точностных движениях руки и т.д. Их амплитуда варьирует в пределах от 40 угловых минут до 60 угловых градусов. Прослеживающие движения глаз – плавные перемещения глаз при отслеживании перемещающегося объекта в поле зрения. Амплитуда прослеживающих движений ограничивается пределами моторного поля глаза (плюс-минус 60 угловых градусов по горизонтали и плюс-минус 40 угловых градусов по вертикали). В основном прослеживающие движения глаз носят произвольный характер, начинаются через 150–200 мс после начала движения объекта и продолжаются в течение 300 мс после его остановки.

6. Электромиография.

Электромиография – это регистрация суммарных колебаний потенциалов, возникающих как компонент процесса возбуждения в области нервномышечных соединений и мышечных волокнах при поступлении к ним импульсов от мотонейронов спинного или продолговатого мозга. В настоящее время применяются различные варианты подкожных (игольчатых) и накожных (поверхностных) электродов. Последние в силу их атравматичности и лёгкости наложения имеют более широкое применение.

Обычно пользуются биполярным отведением, помещая один электрод на участке кожи над серединой («двигательной точкой») мышцы, а второй – на 1–2 см дистальнее. При монополярном отведении один электрод помещают над «двигательной точкой» исследуемой мышцы, второй – над её сухожилием или на какой-либо отдалённой точке (на мочке уха, на груди и т.д.). Требования к электродам и к их наложению такие же, как и при наложении электроэнцефалографических или электроокулографических электродов.

Во время покоя скелетная мускулатура всегда находится в состоянии лёгкого тонического напряжения, что проявляется на электромиограмме (ЭМГ) в виде низкоамплитудных (5–30 мкВ) колебаний частотой 100 Гц и более. Даже при локальном отведении электроактивности от расслабленной мышцы полное отсутствие колебаний потенциала в отдельной двигательной единице (мышечном волокне) отсутствует; обычно наблюдаются колебания частотой 6–10 Гц. При готовности к движению, мысленному его выполнению, при эмоциональном напряжении и других подобных случаях, т.е. в ситуациях, не сопровождающихся внешне наблюдаемыми движениями, тоническая ЭМГ возрастает как по амплитуде, так и по частоте. Например, чтение «про себя»

сопровождается увеличением ЭМГ активности мышц нижней губы, причём чем сложнее или бессмысленнее текст, тем выраженнее ЭМГ. При мысленном письме у правшей усиливается мышечная активность поверхностных сгибателей правой руки, выявляемых на ЭМГ [Юсевич, 1958].

7. Электрическая активность кожи

Электрическая активность кожи (ЭАК), ранее именовалась как кожно-гальваническая реакция (КГР) — биоэлектрическая реакция, которая регистрируется с поверхности кожи [1], показатель активности вегетативной нервной системы, широко применяемый в психофизиологии.

В 1878 году в Швейцарии Герман и Люкхингер (Hermann, Luchsinger) продемонстрировали связь электрической активности кожи с потовыми железами. Герман показал, что электрическая активность в большей степени выражена в области ладоней, полагая что активность потовых желез является при этом важным фактором.

В 1879 году во Франции Вигуру (Vigouroux) первым применил ЭАК в психологической деятельности, работая с психически неуравновешенными пациентами.

В 1888 году французский физиолог К.Фере при работе со случаем больной истерической анорексией, именуемой им «мадам Икс», выявил, что при пропускании слабого тока через предплечье происходили систематические изменения в электрическом сопротивлении кожи. В 1889 году российский физиолог Иван Тарханов показал наличие сходных электрических сдвигов и при отсутствии приложения внешнего тока. Были открыты изменения электрической активности кожи при внутренних переживаниях, а также в ответ на сенсорное раздражение. В настоящее время полагают существование различий физиологических основ показателей, измеряемых данными методами. В прежние времена оба этих показателя обозначались общим термином «кожно-гальваническая реакция». Теперь при применении метода Фере с приложением внешнего тока (экзосоматический метод) показателем считается проводимость кожи (ПрК), при использовании метода Тарханова (эндосоматический метод) — электрический потенциал кожи (ПК).

Карл Юнг (Jung) рассматривал КГР в качестве объективного физиологического «окна» в бессознательные процессы, постулированные его наставником Фрейдом. Именно в работе Юнга было впервые показано, что величина электрической реакции кожи служит отражением, вероятно, степени эмоционального переживания.

Уоллер (Waller) исследовал КГР у испытуемых, мысленно представлявших себе немецкий воздушный налет на Лондон.

Литература:

1. https://studme.org/303298/meditsina/metody_izucheniya_funktsiy_mozga
2. Гусельников В. И. Электрофизиология головного мозга. — М.: Высшая школа, 1976.
3. Hämmäläinen M, Hari R, Ilmoniemi RJ, Knuutila J, Lounasmaa OV (1993). "Магнитоэнцефалография — теория, инструментарий и приложения для неинвазивных исследований работающего Нильссон Л.Г.,Маркович Х.Дж.(1999). Когнитивная нейронаука памяти. Сизтл: Издательство
4. Hoge R & Huber. п. 57.ловеческого мозга" (PDF). Обзоры современной физики. 65 (2): 413–497.
5. Adler FH & Fliegelman (1934). Influence of fixation on the visual acuity. Arch. Ophthalmology 12, 475.
6. Lader M. H., Montagu J. D. The psycho-galvanic reflex: A pharmacologic study of the periferal mechanism. Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, 1962, 25, 126—133.
7. Schwartz G. E. Toward a theory of voluntary control of response patterns in the cardiovascular system. In: P. A. Obrist, A. H. Black, J. Brener, L. V. Di-Cara (Eds.), Cardiovascular psychophysiology. Chicago: Aldine, 1974.