



Основы психофизиологии

Евгения Никонова

Евгения Юрьевна Никонова

Основы психофизиологии

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=71317210

SelfPub; 2024

Аннотация

Методическое пособие по психофизиологии представляет собой учебный материал, посвященный исследованию взаимодействий психических и физиологических процессов в организме человека. В пособии излагаются ключевые темы психофизиологии, включая историю дисциплины, современные методы исследования, когнитивные и эмоциональные процессы, функциональные состояния, а также аспекты дифференциальной и клинической психофизиологии.

Пособие предназначено для студентов, аспирантов и всех, кто интересуется нейронаукой и стремится к углубленному пониманию психофизиологических основ поведения.

Содержание

Введение	4
1. История психофизиологии	6
2. Методы психофизиологии	14
3. Психофизиология памяти	29
Конец ознакомительного фрагмента.	46

Евгения Никонова

Основы психофизиологии

Введение

Психофизиология – это обширная и активно развивающаяся область нейронауки, изучающая взаимодействие психических и физиологических процессов в организме.

Психофизиология является неотъемлемой частью междисциплинарных исследований, интегрируя знания из различных научных областей для глубокого понимания человеческого поведения и механизмов его регуляции. Данное методическое пособие поможет сформировать целостное представление о психофизиологических процессах и их значении в контексте здоровья и адаптации человека к окружающей среде.

Пособие основано на курсе лекций «Психофизиология», направленном на изучение фундаментальных и прикладных аспектов психофизиологии. Оно охватывает историю дисциплины, основные методы исследования, а также такие ключевые разделы, как когнитивные и эмоциональные процессы, функциональные состояния, дифференциальная и клиническая психофизиология. По методологическим соображениям из учебного пособия исключены разделы, посвя-

ценные психофизиологии сознания и мышления.

Материалы предназначены для студентов, аспирантов и всех, кто интересуется психофизиологией и нейронаукой. Пособие предлагает систематическое изложение материала, подкрепленное современными научными данными и методами, что делает его полезным как для образовательных, так и для научно-исследовательских целей.

В пособии содержится подробный список основной и дополнительной литературы, а также возможные вопросы по курсу.

1. История психофизиологии

Древний Египет, около 2600 лет до н. э. В древнем Египте самым важным органом для человека считалось сердце. Мозг же считался не значимым органом – его даже не бальзамировали. Однако в Египте был найден хирургический папирус (папирус Эдвина Смита), в котором описывается двадцать шесть случаев черепно-мозговой травмы, а также различные рекомендации по лечению последствий ранения головы. Это первый сохранившийся известный медицинский трактат.

2000 лет до н. э. Данные археологов показывают, что широкое распространение получила операция по трепанации черепа; такие черепа встречаются в разных регионах. Операция по трепанации была распространённым средством борьбы с эпилепсией, психическими расстройствами и использовалась в магических ритуалах. Данные, полученные в ходе раскопок свидетельствуют о том, что люди, перенесшие операции, часто выживали.

Древняя Греция. Алкмеон из Кротона (V век до н. э.) один из первых, кто проводил анатомические исследования и предположил, что мозг является центром чувств и мышления и описал строение глазного нерва. Гиппократ (460–370 гг. до н. э.), отец медицины, утверждал, что мозг является органом умственной активности, отвечающим за вос-

приятие, мысли и эмоции. Он выдвинул концепцию о четырех темпераментах (холерик, меланхолик, флегматик, сангвиник) связанных с преобладанием в организме той или иной жидкости. Платон (428–348 гг. до н. э.) также считал, что мозг является местом разума, в отличие от сердца, которое, по его мнению, было источником более страстных эмоций.

Римская империя. Гален (129–216 гг. н. э.), римский врач и философ, внес значительный вклад в понимание нервной системы. Он проводил детальные анатомические исследования мозга и нервной системы, основываясь на диссекциях животных. Гален утверждал, что мозг контролирует все произвольные и некоторые непроизвольные движения, различал нервы, отвечающие за чувственные восприятия и движение. Студенты-медики изучали учение Галена до XIX века.

Персия. Авиценна или Ибн Сина (980–1037), философ и врач, считал, что человеческий мозг имеет пять желудочков, каждый из которых отвечает за различные функции – здравый смысл, воображение, принятие решений, создание образа мира, память.

Средние века (1100–1500). Исследования мозга были прекращены из-за церковного запрета на вскрытия и изучение анатомии. Однако в этот период появились первые приюты для душевнобольных, включая открытие Больницы Святого Варфоломея (Бедлам) в 1123 году.

Эпоха Возрождения. Начинаются первые анатомические исследования и возрастает интерес к строению тела и мозга. Описание устройства мозга встречается у Леонардо да Винчи (1452–1519). В 1543 году вышел анатомический атлас Андреаса Везалия *”De humani corporis fabrica”* («О строении человеческого тела»). Везалий критиковал ошибки и неточности в трудах Галена, полагаясь на собственные наблюдения и опыт. Его работа способствовала переходу от догматического следования античным текстам к эмпирическим методам и снятию запретов на анатомические исследования.

Рене Декарт (1596–1650) предложил механистическое объяснение физиологических процессов и принцип дуализма в изучении души и тела. Душа и тело – это две различные субстанции: разум нематериален и не подчиняется физическим законам, в то время как тело материально и подчиняется им. Он предполагал, что взаимодействие между разумом и телом происходит в шишковидной железе. Также он разработал теорию «животных духов» – невидимых физических частиц, которые циркулируют по нервной системе и передают сигналы между различными частями тела и мозгом.

Новое время. Луиджи Гальвани (1737–1798) открыл электрическую природу мышечного возбуждения и разработал концепцию «животного электричества». Он предположил, что тела животных содержат собственные источники электрической энергии, вызывающие мышечные сокращения. Гальвани считал, что нервы функционируют как про-

водники электричества, передавая энергию к мышцам и вызывая их движение.

XIX век. В 1790-х Франц Йозеф Галль (1758–1828) основывает новую псевдонаучную область – френологию. Ф. Галль предполагал, что характер и познавательные способности человека можно определить по форме черепа и размеру определенных областей головы.

К 1820-м годам изобретение новых линз сделало микроскоп достаточно мощным, чтобы учёные могли рассмотреть анатомическое строение мозга на клеточном уровне.

Чарльз Белл (1774–1842) разработал теорию, согласно которой задние корешки спинного мозга отвечают за сенсорные функции, а передние корешки – за моторику. Эта теория была подтверждена в 1822 году французским физиологом Франсуа Мажанди (1783–1855).

В 1836 году физиолог Габриэль Густав Валентин (1810–1883) открыл и описал нейрон. В 1846 году Рудольф Вирхов (1821–1902) обнаружил и описал глиальные клетки.

В 1861 году анатом Поль Брока (1824–1880) описал пациента с грубым нарушением моторной речи и предположил, что этот дефект был вызван опухолью в задней трети нижней лобной извилины левого полушария. В 1873 году психиатр Карл Вернике (1848–1905) описал случай поражения другого участка мозга, которое вызывало нарушение понимания слышимой речи.

В 1863 году Иван Михайлович Сеченов (1829–1905)

опубликовал книгу «Рефлексы головного мозга», в которой показал, что все действия животных и человека могут быть объяснены через механизм рефлексов, и даже сложные мыслительные процессы являются результатом рефлекторной деятельности мозга.

В 1897 году Чарльз Скотт Шеррингтон (1857–1932) разработал концепцию синапса и синаптических связей в нервной системе.

XX век. Психофизиология стремительно развивалась в XX веке: было сделано множество научных открытий и технических достижений. Ниже представлены самые яркие ученые и их концепции, повлиявшие на развитие науки.

В 1903 году Иван Петрович Павлов (1849–1936) ввёл термин «условный рефлекс». Он доказал физиологические основы психики и разработал физиологию высшей нервной деятельности.

В 1906 году Сантьяго Ramon-и-Кахаль (1852–1934) и Камилло Гольджи (1843–1926) получили Нобелевскую премию за изучение структуры и строения нервной системы. Гольджи разработал метод «черной реакции», который позволял окрашивать нервные клетки и улучшал возможности изучения структуры нервных клеток. Ramon-и-Кахаль усовершенствовал метод окраски Гольджи, что позволило выделить отдельные нейроны с дендритами и аксонами, и детально описать множество типов нейронов и их организацию в различных частях мозга.

В 1909 году Корбиниан Бродман (1868–1918) опубликовал карты цитоархитектонических полей коры больших полушарий головного мозга, которые стали известными и наиболее часто цитируемыми при описании организации коры головного мозга и её функций.

В 1921 году Отто Леви (1873–1961) показал, что передача нервных сигналов между нервами и мышцами происходит с помощью химических веществ, и открыл ацетилхолин.

В 1924 году Ганс Бергер (1873–1941) разработал методику, позволяющую записывать электрическую активность мозга с помощью электродов, прикрепленных к коже головы. Он впервые использовал термин «электроэнцефалограмма» (ЭЭГ) для обозначения записанного результата и описал альфа-ритм.

Уайлдер Грейвс Пенфилд (1891–1976) разработал нейрохирургические методы лечения эпилепсии и в ходе операций составлял картографию функциональной мозговой организации. У. Пенфилд создал визуальное представление соматосенсорной коры мозга человека (человечек Пенфилда).

Алан Ходжкин (1914–1998) и Эндрю Хаксли (1917–2012) с 1940-х годов проводили исследования структурно-функциональной организации и регуляции ионных механизмов возбуждения и торможения в периферических и центральных участках нервных клеток.

В 50-е годы Роджер Уолкотт Сперри (1913–1994) проводил эксперименты на пациентах с рассеченным мозолистым

телом (хирургический метод купирования тяжелых форм эпилепсии). В результате проведенных экспериментов была продемонстрирована разница в специализациях и функциях полушарий головного мозга.

Дэвид Хьюбел (1926–2013) и Торстен Визель (род. 1924) открыли принципы переработки, организации и формирования зрительной системы в онтогенезе.

Годфри Хаунсфилд (1919–2004) и Аллан Кормак (1924–1998) в 1971 году спроектировали первый компьютерный томограф, что положило начало новому этапу развития томографических исследований.

Дополнительная литература

1. Джексон Т. Мозг: иллюстрированная история нейронауки – Москва: АСТ, сор. 2017. – 167 с. ISBN 978–5–17–097937–0

2. Клейнман П. Психология: люди, концепции, эксперименты: краткий обзор основных достижений науки о душе – 6-е изд. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2021. – 267 с. ISBN 978–5–00169–245–4

3. Лурия А. Р. Основы нейропсихологии – Санкт-Петербург: Питер: Прогресс книга, 2023. – 381 с. ISBN 978–5–4461–1899–1

4. Bennett M. R., Hacker P. M. S. History of Cognitive Neuroscience, Blackwell Publishing Ltd, 2012, 326p.

ISBN:9781405181822 DOI:10.1002/9781118394267 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118394267>

2. Методы психофизиологии

В современных психофизиологических исследованиях активно используются классические методы для изучения электрической активности центральной и вегетативной нервной системы, томографические и полиграфические методы, а также метод анализа движения глаз и метод функциональной ближней инфракрасной спектроскопии. Ниже будут представлены краткие описания самых популярных методов психофизиологических исследований.

Электроэнцефалография. Метод электроэнцефалографии (ЭЭГ) – это нейрофизиологический метод, который позволяет изучать электрическую активность мозга путем регистрации биоэлектрических потенциалов с поверхности кожи головы. ЭЭГ основывается на измерении волнообразных изменений электрических потенциалов, которые генерируются нейронами мозга. Предполагается, что ЭЭГ в каждый момент отражает суммарную электрическую активность клеток мозга.

Для записи ЭЭГ используются специальные электроды, которые обычно размещают на коже головы согласно стандартизированной схеме 10–20. Основные характеристики сигналов ЭЭГ – амплитуда (интенсивность сигнала) и частота (скорость колебаний). Эти параметры помогают в анализе мозговой активности.

При анализе ЭЭГ принято выделять следующие ритмы:

- Альфа-ритм (7–13 Гц) – спокойное бодрствование с закрытыми глазами, связан с расслаблением.

- Бета-ритм (13–40 Гц) возникает при напряженной умственной деятельности, связан с процессами памяти и внимания.

- Гамма-ритм (>40 Гц) связывают с познавательными процессами и переработкой информации.

- Дельта-ритм (<4 Гц) регистрируется во время фазы глубокого сна. В бодрствовании он может быть зафиксирован при наличии опухолей или когда человек находится в коме.

- Тета-ритм (4–7 Гц) регистрируется в фазе быстрого сна (REM), связан с запоминанием и эмоциями.

ЭЭГ используется для диагностики различных морфологических и функциональных нарушений. В основе ЭЭГ-диагностики лежат экспериментальные факты, свидетельствующие о том, что определенным ЭЭГ-феноменам или паттернам соответствуют определенные состояния мозга. В основном ЭЭГ-методы применяются в следующих областях: медицина (диагностика эпилепсии, оценки уровня сознания, оценка нарушения сна и т. д.), психофизиология (взаимосвязь особенностей ЭЭГ с функциональным состоянием, психическими процессами или личностными особенностями человека), диагностика нарушений мозга, оценка функционального состояния мозга, также метод применяют в маркетинговых исследованиях.

Brain-computer interface (BCI), или интерфейс мозг-компьютер – это технология, позволяющая напрямую связывать мозговую активность человека с внешними устройствами. Она позволяет пользователям взаимодействовать с компьютерами или другой техникой без использования обычных методов ввода, таких как клавиатура или мышь, используя исключительно мозговые ритмы.

Интерфейс “мозг—компьютер” применяют для помощи людям с нарушениями двигательных функций, вызванными травмами спинного мозга, инсультами или нейродегенеративными заболеваниями, а также у детей с двигательными расстройствами. Данная технология может позволить пользователям взаимодействовать с окружающей средой, управляя курсором на экране, вводить текст, манипулируя протезами, синтезировать речь. Также интерфейс “мозг – компьютер” применяется в видеоиграх и VR-технологиях. Один из способов применения этой технологии был направлен на восстановление коммуникационных возможностей у людей после инсульта или черепно-мозговой травмы, когда повреждены моторные центры и человек не может говорить, но у него сохранен альфа-ритм. С помощью тренировок можно научить такого пациента использовать изменения альфа-ритма для выбора букв и ввода текста на специализированном компьютере.

Вызванные потенциалы (ВП) – метод суммации и выделения слабых и сверхслабых изменений электрической ак-

тивности мозга (ЭЭГ) в ответ на стимул сенсорной модальности. Метод ВП позволяет получить объективную информацию о состоянии периферических и центральных звеньев различных сенсорных систем. Вызванный потенциал состоит из серии отдельных пиков или волн, которые могут быть описаны по их негативной или позитивной полярности, количеству компонентов, латенции, амплитуде и форме.

Также ВП используется в оценке сложных когнитивных процессов, где особое внимание уделяется амплитуде и латенции пика Р300 (позитивная волна, которая возникает примерно через 300 миллисекунд после предъявления стимула). Этот компонент связывают с когнитивными процессами восприятия и обработки информации.

В клинической практике метод ВП используется при оценке когнитивных нарушений, деменций различного генеза, а также при оценке работы сенсорных систем.

Магнитоэнцефалография (МЭГ) – это нейрофизиологический метод, который позволяет изучать активность мозга путем измерения магнитных полей, генерируемых электрической активностью нейронов. В отличие от ЭЭГ, которая регистрирует электрическую активность, МЭГ фокусируется на магнитных сигналах. У МЭГ высокая временная и пространственная разрешающая способность, которая позволяет отслеживать быстро происходящие процессы в мозге. Также у МЭГ лучшая пространственная разрешающая способность по сравнению с ЭЭГ, что позволяет более точно ло-

кализовать источники мозговой активности.

МЭГ широко используется для изучения функциональной активности мозга, включая изучение восприятия, когнитивных процессов, моторных функций и языковых способностей. Метод позволяет исследовать, как различные области мозга взаимодействуют друг с другом при выполнении разнообразных задач.

Также МЭГ часто используется в сочетании с другими методами изображения мозга, такими как магнитно-резонансная томография. Совместное использование данных методов позволяет получить более полную картину мозговой активности, которая сочетает в себе информацию о функциональной активности с детализированными анатомическими данными.

Томографические методы исследования – это группа медицинских визуализационных технологий, используемых для получения подробных изображений внутренних структур тела в виде пересекающихся срезов или трехмерных моделей. В психофизиологии томографические методы активно используются для изучения морфологических особенностей мозга и визуализации его работы.

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) – это радионуклидный метод, который используется для сканирования внутренних органов человека или животного. В основе метода лежит регистрация пары гамма-квантов, которые образуются при аннигиляции позитронов с электрона-

ми. Позитроны появляются в результате позитронного бета-распада радионуклида, который входит в состав радиофармпрепарата, вводимого в организм перед исследованием. Когда позитрон сталкивается с электроном в теле, происходит аннигиляция, порождающая два гамма-кванта с одинаковой энергией, которые разлетаются в противоположные стороны. Система детекторов, расположенных вокруг пациента, фиксирует эти гамма-кванты, а компьютерная обработка данных позволяет создать трехмерное изображение распределения радионуклида в организме.

При сканировании ПЭТ на первом этапе пациенту вводится инъекция, в состав которой входит специальное радиоактивное вещество (как правило это глюкоза). Это вещество маркируется позитронно-излучающим радиоизотопом. Различные вещества могут быть спроектированы для целенаправленного связывания с конкретными тканями или клетками, что позволяет изучать различные метаболические процессы. После введения вещество распространяется по организму и накапливается в областях повышенного потребления и соответственно активности. Радиоизотопы испускают позитроны, которые вступают во взаимодействие с электронами в тканях, в результате чего происходит аннигиляция и излучаются гамма-фотоны. Гамма-фотоны обнаруживаются специализированным оборудованием ПЭТ-сканера, которое создает трехмерные изображения распределения вещества в организме. Эти изображения затем анализируются для оцен-

ки метаболической активности тканей.

ПЭТ используется для изучения метаболических процессов в мозге, включая кровоток, потребление глюкозы и распределение различных нейротрансмиттеров. Эти данные могут помочь исследователям понять, как метаболические изменения в мозге связаны с когнитивными функциями, личностными особенностями, возрастом, когнитивными нарушениями и нейродегенеративными заболеваниями.

Магнитно-резонансная томография – это метод визуализации, который позволяет создавать детализированные изображения внутренних органов и тканей человека. В основе метода лежит явление ядерного магнитного резонанса, при котором атомные ядра водорода в теле человека, содержащиеся преимущественно в воде и жирах, реагируют на воздействие мощного постоянного магнитного поля и введенных в это поле радиочастотных волн. Когда радиочастотный импульс прекращается, ядра водорода возвращаются в исходное состояние, при этом излучая сигналы, которые регистрируются специальными датчиками. Эти сигналы обрабатываются компьютером, создавая подробные изображения поперечных срезов исследуемой области тела. МРТ особенно эффективен для изучения мозга, спинного мозга, суставов и внутренних органов.

В психофизиологии МРТ используется для изучения морфологических различий между группами людей, при сравнении мозгов здоровых людей и пациентов с неврологически-

ми или психиатрическими расстройствами, а также для рассмотрения взаимосвязи между когнитивными функциями и особенностями анатомии мозга.

Функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) – это разновидность магнитно-резонансной томографии, используемая для измерения гемодинамических реакций, вызванных нейронной активностью в головном или спинном мозге. Метод основывается на том, что мозговой кровоток и активность нейронов связаны: при активности определённой области мозга увеличивается приток крови к ней. фМРТ позволяет определить, какие области мозга активируются в нормальных условиях или под влиянием различных физических факторов и при патологических состояниях. Метод широко применяется в психофизиологии для изучения динамики мозговых процессов, происходящих во время когнитивных и эмоциональных состояний.

Также в томографии используется диффузионно-тензорная визуализация, позволяющая оценить диффузию молекул воды вдоль миелиновой оболочки нервных волокон и получить информацию о связях между различными отделами головного мозга и целостности проводящих путей. С ее помощью изучается сетевая организация мозга и мозговая связанность (коннектом).

Коннектом (совокупность генетической информации в клетке) – это полная карта анатомических и функциональных связей нервной системы организма с учетом глии, ко-

торая в значительной степени определяет и регулирует эти связи на разных уровнях. Коннектомика – область нейронаук, предметом изучения которой является коннектом. Особая важность в изучении занимают функциональные сети, обладающие малой вариативностью внутри популяции.

Полиграфические методы исследования в психофизиологии. Полиграф – прибор, используемый в медицине и психофизиологии и предназначенный для одновременной регистрации нескольких физиологических процессов, происходящих в вегетативной нервной системе человека (работы сердца, проводимости кожи, частоты дыхания, напряжения мышц и т. д.). Также полиграф известен как «детектор лжи». Физиологические данные, считываемые полиграфом, дали название области исследования – полиграфии.

Деятельность вегетативной нервной системы автономна и не подчиняется воле человека. Симпатическая нервная система активируется в ответ на стресс, в то время как парасимпатическая может оказывать тормозящее воздействие на отдельные органы. Полиграф регистрирует изменения в работе вегетативной нервной системы, отражая реакции на значимые стимулы, которые человеку трудно контролировать осознанно. Это позволяет использовать его для выявления скрываемых сведений и создает затруднения для обмана детектора лжи.

Электрокардиограмма (ЭКГ) – методика регистрации и исследования электрических полей, образующихся при ра-

боте сердца. Результатом электрокардиографии является получение электрокардиограммы. Основные показатели, которые нужно оценивать на ЭКГ, включают в себя ось сердца, частоту и регулярность зубцов, а также интервалы и амплитуда каждого комплекса.

Регистрация ЭКГ происходит с поверхности тела и делается на разности электрических потенциалов, возникающих в результате сокращения сердечной мышцы. Необходимо отметить, что в области психофизиологии не анализируются нюансы нарушения сердечного ритма и проводимости, признаки изменения объемов полостей сердца, гипертрофии желудочков, а также другие патологические процессы в области сердца, которые отражаются в специфических изменениях паттерна PQRST-комплекса в электрокардиограмме. В преобладающем большинстве случаев в психофизиологических исследованиях рассматриваются общесистемные процессы, которые отражаются в динамике вариабельности сердечного ритма.

ЭКГ позволяет изучать, как сердечно-сосудистая система взаимодействует с психологическими процессами. Существуют доказательства того, что сердечно-сосудистое здоровье связано с когнитивными функциями.

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) – параметр изменчивости временных интервалов между последовательными ударами сердца (между R-зубцами). ВСР рассчитывается на основе записи ЭКГ и измеряется путем анализа RR-

интервалов, которые представляют собой интервалы между последовательными R-зубцами на ЭКГ, отражающими моменты сокращения желудочков сердца. Для анализа показателей необходимо от 300 RR-интервалов.

Вариабельность сердечного ритма является показателем способности организма адаптироваться к изменяющимся внешним и внутренним условиям, отражая активность и баланс автономной нервной системы, которая включает симпатическую и парасимпатическую системы. Высокая вариабельность сердечного ритма обычно свидетельствует о низком стрессе, хорошем здоровье и способности организма быстро адаптироваться к изменению условий и хорошо восстанавливаться. Низкая вариабельность может быть признаком стресса, усталости или различных сердечно-сосудистых заболеваний.

Кожно-гальваническая реакция (КГР) – биоэлектрическая реакция, регистрируемая с поверхности кожи, которая отражает активность вегетативной нервной системы. Эта реакция является индикатором активности потовых желез, регулируемой симпатической частью вегетативной нервной системы, и отражает уровень эмоционального возбуждения или стресса. КГР используется в различных областях, поскольку предоставляет произвольный, трудно контролируемый индикатор эмоционального или когнитивного возбуждения.

КГР измеряется путем прикладывания электродов к по-

верхности кожи, обычно на пальцах рук, и записи изменений электрического сопротивления или проводимости кожи. Изменения в КГР тесно связаны с эмоциональным возбуждением, независимо от того, является ли эмоциональный опыт положительным или отрицательным. Более сильные эмоциональные реакции обычно вызывают более выраженные изменения в КГР.

КГР применяется в психологических исследованиях для анализа эмоциональных и когнитивных процессов, в клинической практике для оценки состояния тревоги или фобий, а также в нейромаркетинге для изучения реакций потребителей на рекламные материалы. В контексте возрастной психофизиологии КГР может использоваться для изучения изменений в эмоциональной реактивности и регуляции с возрастом, а также для анализа связи между эмоциональным возбуждением и физиологическими реакциями.

Электромиография (ЭМГ) – это диагностический метод, используемый для изучения и записи электрической активности, производимой мышцами. Этот метод позволяет оценить здоровье мышц и нервов, которые их контролируют. ЭМГ особенно полезна в обнаружении неврологических аномалий, которые могут влиять на мышцы и нервы. С помощью этого метода можно изучать структуру и функцию нейромоторного аппарата, который состоит из функциональных элементов – двигательных единиц, куда входят мотонейрон и иннервируемая им группа мышечных волокон.

Во время ЭМГ-исследования электроды прикрепляются к коже над мышцами для измерения электрической активности. Запись активности представляет собой серию волн, которые могут быть проанализированы на предмет аномалий. ЭМГ используется для диагностики ряда заболеваний, включая невропатии, миопатии, радикулопатии и моторнейронные заболевания.

Тренинги с использованием ЭМГ применяются для коррекции мышечной дисфункции, например, восстановление после травм и перенапряжения мышц, а также при наличии тиков. Эти тренинги также используются для облегчения хронической мышечной боли через расслабление мышц, при головных болях напряжения для расслабления мышц воротниковой зоны, и при спастичности, например, у детей с церебральным параличом и других заболеваниях. Кроме того, они находят применение в реабилитационной работе после неврологических повреждений и помогают улучшить спортивные результаты.

Биологическая обратная связь – это технология, которая включает в себя комплекс исследовательских, лечебных и профилактических физиологических процедур, направленных на визуализацию и воздействие на работу центральной и периферической нервной системы. Во время сеанса пациентам демонстрируют активность их нервной системы, её изменения и обучают методам, позволяющим влиять на эту активность.

Технология делится на два направления:

– Нейрообратная связь – диагностика и работа сосредоточены на изменении динамики электрофизиологических процессов в головном мозге с помощью электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Применяется для коррекции проблем внимания, снятия стресса, восстановления сна и т. д.

– Биологическая обратная связь – диагностика и работа сосредоточены на изменении динамики полиграфических показателей (ЭКГ, КГР, ФПГ и др.) и процессов в вегетативной нервной системе. Применяется для коррекции фобий, тревожных расстройств, мышечных спазмов, релаксации и т. д.

Транскраниальная магнитная стимуляция – метод, позволяющий неинвазивно стимулировать кору головного мозга при помощи коротких магнитных импульсов. Может применяться для лечения моторных нарушений, депрессии, спастичности, болевых синдромов, болезни Паркинсона, слуховых галлюцинаций, обсессивно-компульсивных расстройств, обострений шизофрении, наследственных дегенеративных болезней.

Дополнительная литература:

1. Баарс Б., Гейдж Н. Мозг, познание, разум: введение в когнитивные нейронауки: в 2 т. – Москва: Бином. Лаб. знаний, 2014. ISBN 978–5–9963–0171–3

2. Беар М. Ф., Коннорс Б. В., Парадизо М. А. Нейронауки: исследование мозга: в трёх томах – 4-е изд. – Москва: Диалектика; Санкт-Петербург: Диалектика, 2020. Т. 1: Основы. Т. 1. – 2021 – 416 с. ISBN 978–5–907458–25–3

3. Психофизиология под ред. Ю. И. Александрова. – 4-е изд., перераб. – Москва: Питер, 2014. – 463 с. ISBN 978–5–496–00756–6

3. Психофизиология памяти

Память – совокупность нейрофизиологических механизмов, которые обеспечивают процессы запоминания, хранения, воспроизведения и забывания информации. Память является общим свойством живой материи, которое проявляется в запечатлении, хранении и использовании информации. С появлением нервной системы память включается в обеспечение адаптивного поведения. Также память является способностью живых систем к приобретению и использованию опыта.

Традиционно выделяют следующие операции, происходящие в памяти:

- Запечатление сигналов от сенсорных систем.
- Анализ и сортировка полученных данных и отбраковка неподходящих сигналов.
- Регистрация и фиксирование выбранной информации с помощью повторения.
- Кодирование образов и их классификация согласно сложной системе категорий.
- Накопление, хранение и консолидация информации в нервной системе.
- Воспроизведение информации.
- Распознавание взаимосвязи между новыми знаниями и уже хранящимися в памяти.

В психологии память разделяют в зависимости от продолжительности удержания информации в ней:

Сенсорная память (сенсорный регистр) регистрирует сигналы, полученные от органов чувств, в течение от 1 мс до 1 сек. Она необходима для первичной регистрации сигнала или поступления необработанной информации в кратковременную память. Ошибки в данном виде памяти могут происходить из-за помех или зашумления первичного сигнала. Полученный сигнал регистрируется в сенсорной системе; если полученная информация не важна для человека, то через короткое время она стирается.

Кратковременная память – компонент памяти человека, в который информация поступает из сенсорной памяти. Она позволяет удерживать на короткое время небольшое количество информации в состоянии, пригодном для использования. Продолжительность хранения информации без её повторения составляет около 20 секунд. После 30 секунд след информации становится хрупким, и любая минимальная новая информация может его разрушить. В отношении кратковременной памяти можно говорить о её объёме в « 7 ± 2 элемента» («магическое число», число Миллера). В настоящее время ряд исследований показывает, что под действием частого использования цифровых устройств число элементов рабочей памяти сократилось до « 5 ± 2 элемента».

Рабочая память (оперативная) – компонент памяти, позволяющий сопоставлять полученную информацию из

кратковременной памяти с уже имеющейся информацией, которая хранится в долговременной памяти, и помогающий в выполнении задач здесь и сейчас. Это необходимо для временного удержания определенного количества информации, пока происходит ее обработка или оперирование ею для выдачи адекватного ответа. Данный тип памяти постоянно используется человеком во время бодрствования и связан со многими когнитивными процессами, такими как общение, обучение, решение повседневных рабочих и т. д.

Долговременная память – вид памяти, который позволяет хранить практически неограниченный объем информации в течение длительного периода времени. Долговременную память, в свою очередь, разделяют на следующие подвиды:

– **Процедурная память** – память на действия, представлена моторными навыками, условными и инструментальными рефлексам. Данный вид памяти формируется и выполняется неосознаваемым образом.

– **Декларативная память** – память на лица, места событий, предметы, эмоции. Она основана на ассоциации одновременно действующих раздражителей. Декларативная память является осознанной и предполагает осведомленность субъекта об объекте или событиях и образах, которых извлекаются из памяти.

Изучение памяти в работах Лешли. Карл Спенсер Лешли (1890–1958) исследовал локализацию памяти. Он

обучал различных животных проходить лабиринт, а затем удалял у них определенные участки коры головного мозга, чтобы найти место, где хранятся следы памяти (энграммы). Однако, независимо от количества удаленной корковой ткани, Лешли не удалось обнаружить конкретное место, где бы находились эти следы. В результате он пришел к выводу, что **память одновременно находится в мозге везде и нигде**. Также Лешли сформулировал принципы:

– **Принцип массовой действия** предполагает, что способность к обучению и сама память распределены по всему корковому веществу, а не локализованы в каком-то одном месте. Это означает, что не одна конкретная область, а общее состояние коры определяет когнитивные функции.

– **Принцип эквипотенциальности** гласит, что в случае повреждения одной части коры, другие части могут компенсировать потерянную функцию. Разные части коры способны выполнять функции друг друга, если это необходимо для выполнения определенных когнитивных задач.

Принципам Лешли было дано объяснение в работах ученых второй половины XX века – в процессах памяти участвуют не только кора, но многие подкорковые центры, следы памяти многократно дублируются и имеют в коре множество локализаций.

Исследования Д. Хебба. Первые исследования физиологических основ памяти связаны с именем Дональда Хебба (1904–1985). В 1940-е годы он ввел понятия кратко-

временной и долговременной памяти и предложил теорию, объясняющую их нейрофизиологическую природу. Согласно Хеббу, кратковременная память – это процесс, обусловленный повторным возбуждением импульсов в замкнутых цепях нейронов, не сопровождающийся морфологическими изменениями. В отличие от неё, долговременная память основана на структурных изменениях, которые происходят из-за модификации межклеточных контактов – синапсов. Хебб полагал, что эти структурные изменения связаны с повторной активацией замкнутых нейронных цепей, таких как пути от коры к таламусу или гиппокампу и обратно к коре.

Синапс Хебба – это термин, который Д. Хебб ввел в 1949 году для описания механизма синаптической пластичности, который основывается на гипотезе, что «нейроны, которые активируются вместе, связываются вместе».

Опираясь на результаты своих исследований, Д. Хебб вывел следующие принципы:

1. Синаптическая связь между двумя нейронами становится сильнее, если предсинаптический нейрон (отправляющий сигнал) и постсинаптический нейрон (получающий сигнал) активируются одновременно. Это усиление связи помогает стабилизировать и укреплять взаимодействия внутри нейронной сети.

2. Синаптическая пластичность зависит от времени совместной активации нейронов. Если активация предсинаптического и постсинаптического нейронов происходит в тес-

ном временном окне, это приводит к более значительному усилению синапса.

3. Механизм долговременной потенциации (ДП) – основной механизм обучения и памяти. Долговременная потенциация проявляется как увеличение эффективности синаптической передачи после высокой частоты стимуляции.

Долговременная потенциация – укрепление синапсов за счёт импульсов. В результате возникают новые воспоминания и приобретается опыт. Долговременная потенциация считается одним из основных молекулярных механизмов, лежащих в основе обучения и памяти. Характеристики долговременной потенциации:

а. Долговременная потенциация – форма синаптической пластичности, способности синапсов изменять свою силу. Частая активация синапса приводит к увеличению его эффективности благодаря ряду биохимических изменений в предсинаптической и постсинаптической клетках.

б. Основным механизмом, который ответственен за долговременную потенциацию, является активация NMDA-рецепторов на постсинаптической мембране. При достаточном уровне возбуждения и достижении определенного порога напряжения, кальциевые каналы этих рецепторов открываются, и ионы кальция начинают поступать в нейрон. Этот приток кальция инициирует каскад событий, который ведет к усилению синаптической передачи.

в. В ответ на увеличение концентрации кальция в клет-

ке активируются различные киназы (ферменты, катализирующие фосфорилирование различных белков, добавляя к ним фосфатные группы от молекул аденозинтрифосфата (АТФ). Это изменение может активировать или деактивировать белки, изменяя их функциональное состояние и влияя на различные сигнальные пути в нейроне), такие как кальций/кальмодулин-зависимая киназа II (CaMKII) и протеинкиназа C, которые способствуют фосфорилированию рецепторов и других белков. Это увеличивает количество рецепторов для нейромедиаторов на постсинаптической мембране или улучшает их чувствительность, что ведет к усилению синапса.

г. Активация генов и синтез новых белков также играют важную роль в усилении и поддержании долговременной потенциации. Эти процессы помогают укреплять долгосрочные изменения в синапсах, необходимые для долговременной памяти.

Долговременная потенциация позволяет помнить информацию, которой организм оперировал недавно, (но при этом информация не была новой или значимой), а также увеличивает объем и скорость работы рабочей памяти.

4. На молекулярном уровне синаптическая пластичность включает изменения в высвобождении нейротрансмиттеров, чувствительности рецепторов на постсинаптической мембране и структурной адаптации синапсов (увеличение числа и размера постсинаптических плотностей).

Мозговые структуры, связанные с памятью

– **Префронтальная кора.** Участвует в работе рабочей памяти и процессах принятия решений. Она помогает управлять информацией, необходимой для выполнения текущих задач, и регулирует процессы внимания.

– **Теменная кора.** Связана с запоминанием простых, моторных задач, сенсорной интеграции и пространственной ориентации. Также участвует в обработке и хранении воспоминаний, связанных с ощущениями и восприятием.

– **Затылочная кора.** Связана с обработкой и хранением визуальной информации.

– **Височная кора.** Важна для обработки аудиовизуальной информации и особенно речи. Эта область важна для хранения долговременной памяти и связана с распознаванием объектов и лиц.

– **Мозжечок.** Принимает участие в работе процедурной памяти и в обучении двигательным навыкам.

– **Базальные ганглии.** Помогают управлять двигательными навыками, а также процессами запоминания, хранения и использования моторных навыков. Участвуют в формировании процедурной памяти, которая связана с навыками, привычками, формированием условных рефлексов.

– **Миндалина.** Связана с обработкой эмоциональных воспоминаний, участвует в формировании и хранении эмо-

циональной памяти.

– **Гиппокамп** – древний отдел мозга, имеет связи с височными отделами, тесно связан с височными долями. Имеет мощные входные и выходные связи с перегородкой в виде толстого пучка волокон (свода). Мощный вход в гиппокамп представлен волокнами из энториальной коры, куда поступают сенсорные сигналы от нейронов-детекторов и гностических единиц. Другой вход в гиппокамп берет начало в поясной извилине.

Функции гиппокампа:

1. **Формирование воспоминаний.** Гиппокамп один из главных центров, отвечающих за формирование долговременной памяти. Он принимает участие в процессах консолидации памяти, преобразуя кратковременные воспоминания в долговременные.

Случай пациента Г. М... Генри Молисон (1926–2008), известный также как «пациент Г.М.», является одним из самых известных клинических случаев в истории нейронауки. Его история сыграла ключевую роль в понимании функций гиппокампа. Генри Молисон страдал тяжелой формой эпилепсии, которая началась после травмы головы в детстве. В 1953 году, когда ему было 27 лет, в попытке излечить эпилепсию, нейрохирург Уильям Сковилл провел операцию, в ходе которой удалил большие участки медиальной височной доли, включая большую часть гиппокампа с обеих сторон. После операции Генри страдал тяжелой антероградной ам-

незией (не мог формировать новые воспоминания). Он помнил события и факты, произошедшие до операции, но не мог запоминать новую информацию после. Тем не менее, его кратковременная память и способность к обучению некоторым моторным задачам (процедурная память) оставались неповрежденными.

2. Пространственная ориентация. Гиппокамп играет ключевую роль в навигации и пространственной ориентации. Это подтверждается наличием «нейронов места».

В 2014 году Нобелевская премия по физиологии была присуждена за открытие «нейронов места» (GPS-система мозга). Премию разделили Джон О'Киф, Май-Бритт Мозер и Эдвард Мозер. Джон О'Киф в 1971 году открыл «нейроны места» в гиппокампе крыс. Он обнаружил, что определенные клетки активируются, когда животное находится в конкретной области окружающего пространства. Эти клетки помогают формировать когнитивную карту местности. Май-Бритт и Эдвард Мозеры в 2005 году открыли другой тип нейронов, которые называли «клетками координатной сетки», в энторинальной коре крыс. Эти клетки генерируют координатную сетку для точного позиционирования и навигации в пространстве.

3. Временная организация воспоминаний. Гиппокамп участвует в связывании отдельных событий во временные последовательности, что позволяет не только запоминать отдельные моменты, но и устанавливать между ними

причинно-следственные связи.

4. Контекст воспоминаний. Гиппокамп помогает включать контекст в воспоминания, что позволяет отличать, одно и то же событие, происходящее в разных местах или в разное время. Это способствует более точному и детальному запоминанию информации.

5. Участие в процессах планирования, переключения между задачами и функционировании рабочей памяти. Исследования показывают, что гиппокамп участвует в планировании и принятии решений, особенно когда необходимо переключаться между задачами или планировать будущую деятельность.

6. Гиппокамп и эмоциональная память. Хотя гиппокамп не является основной эмоциональной структурой, он связан с лимбической системой и участвует в регуляции эмоций, особенно в контексте эмоциональных воспоминаний.

7. Гиппокамп и стресс. Гиппокамп вовлечен в регуляцию стрессовой реакции, через взаимодействие с гипоталамусом и надпочечниками. Это помогает адаптироваться к стрессовым ситуациям и влияет на выработку гормонов стресса. Продолжительное воздействие стресса может привести к уменьшению объема гиппокампа. Это связано с уменьшением числа дендритных отростков и потерей синапсов. Изменения в гиппокампе могут привести к нарушениям памяти и процесса обучения. Стресс также может снизить нейрогенез в гиппокампе. Несмотря на воздействие стрес-

са, гиппокамп обладает возможностями для восстановления. После уменьшения стресса уровень кортикостероидов может нормализоваться, и гиппокамп может частично восстановить свою структуру и функции.

Нарушения памяти (амнезии). Все нарушения памяти делятся на:

- Гипомнезии – ослабление памяти, которые могут происходить с возрастом или в результате какого-либо мозгового заболевания, например, склероза мозговых сосудов или эпилепсии.

- Гипермнезии – аномальное обострение памяти по сравнению с нормальными показателями, встречающееся гораздо реже. Люди с этим состоянием с большим трудом забывают события.

- Парамнезии – ложные или искаженные воспоминания, а также смешение настоящего и прошлого, реального и воображаемого.

Также выделяют детскую (инфантильную) амнезию – это невозможность вспомнить события младенчества и раннего детства (до 4–5 лет), характерная для всех людей. В настоящее время нейрофизиологические и психологические механизмы данного явления до конца не изучены. Считается, что в раннем детстве нейронные сети в гиппокампе и их связи с другими областями мозга, такими как префронтальная кора и другие части лимбической системы, еще недостаточно развиты, что может мешать формированию долговременных

воспоминаний.

Нейропластичность

Нейропластичность представляет собой совокупность различных процессов ремоделирования синаптических связей, направленных на оптимизацию функционирования нейрональных сетей. Нейропластичность описывает способность мозга адаптироваться и изменяться в ответ на новый опыт, обучение, активность или при травмах.

Нейропластичность выделяют на нескольких уровнях:

1. Синаптическая пластичность включает изменения в синаптических связях между нейронами. Может усиливать существующие синапсы или формировать новые в ответ на обучение и опыт. Это явление лежит в основе таких процессов как обучение и запоминание. Данный вид пластичности работает по принципу «используй или потеряй»: активно используемые нейронные пути становятся сильнее, в то время как редко используемые пути ослабевают и могут атрофироваться.

2. Структурная пластичность. В мозге возможно изменение связей и функций структур, включая рост новых нейронов (нейрогенез), новых дендритов и образование новых синаптических связей. К примеру в зонах, активно используемых при выполнении определенных задач или навыков, могут формироваться новые нейронные пути. Это включает

рост новых нейронов в определенных областях мозга. Структурная пластичность позволяет мозгу адаптироваться к новым обстоятельствам и восстанавливаться после повреждений.

3. Функциональная пластичность – способность мозга перераспределить функции с поврежденных участков на здоровые. Например, после инсульта некоторые неповрежденные области мозга могут взять на себя функции утраченных участков, тем самым обеспечивая более полноценное восстановление жизнедеятельности человека.

Также можно говорить о комплексной пластичности как о способности мозга адаптироваться к потере функции или повреждению, при которой мозг развивает новые способы выполнения задач. В случае потери зрения, особенно в раннем возрасте, другие части мозга могут начать выполнять функции, которые обычно связаны со зрительной корой. Исследования показали, что зрительная кора у слепых с детства людей может активироваться в ответ на тактильные или аудиальные стимулы, что подтверждает идею о возможности использования этих областей мозга для обработки информации из других сенсорных систем.

Факторы, влияющие на нейропластичность: возраст (наиболее высокая нейропластичность у детей, что позволяет им легко учиться и адаптироваться, но с возрастом этот процесс замедляется), обучение и опыт, физическая активность, диета и питание (употребление продуктов содержа-

щих омега-3 жирные кислоты, ягоды, куркуму, зеленые листовые овощи, орехи, темный шоколад могут способствовать поддержанию и усилению нейропластичности), социальные взаимодействия и эмоциональное состояние (стресс может ослаблять пластичность, тогда как положительные социальные взаимодействия и эмоции могут её усиливать). Нейропластичность делает мозг чрезвычайно чувствительным к обучению и опыту. Образовательные и обучающие программы, особенно те, которые начинаются в раннем возрасте и продолжаются во взрослом состоянии, могут стимулировать нейронную активность и способствовать когнитивному развитию.

В экспериментальных исследованиях на животных показано, что во взрослом возрасте новые нейроны появляются преимущественно в зубчатой извилине гиппокампа, в области обонятельной луковицы и в неокортексе. Гиппокампальный нейрогенез у взрослых играет важную роль в обучении и запоминании. На нейрогенез существенное влияние оказывают BDNF и GDNF.

BDNF (Мозговой нейротрофический фактор) – это один из белков, связанных с нейропластичностью мозга, относится к семейству нейротрофинов – белков, которые способствуют выживанию, росту и дифференцировке нейронов в нервной системе. BDNF играет ключевую роль в регуляции синаптической пластичности, что важно для обучения и формирования памяти, а также поддерживает выживаемость

существующих нейронов и стимулирует рост и дифференцировку новых нервных клеток и синапсов. Этот фактор активно участвует в процессах, связанных с долговременной потеннциацией.

GDNF (Глиальный нейротрофический фактор) – белок, который играет важную роль в выживании и развитии глиальных клеток, принадлежит к семейству факторов роста, которые влияют на развитие, поддержание и регенерацию нервных клеток. Основные аспекты действия GDNF – поддержка выживаемости нейронов, особенно тех, которые подвержены риску дегенерации в условиях нейродегенеративных заболеваний. GDNF способствует росту и регенерации аксонов, что особенно важно после нервных повреждений или в ходе лечения заболеваний нервной системы. Также он может влиять на синаптическую пластичность, способствуя укреплению и формированию синаптических связей. GDNF обеспечивает нейропротективный эффект, защищая нейроны от различных форм нейротоксичности.

Дополнительная литература:

1. Бэддели, А. Ваша память: Рук. по тренировке и развитию – М.: ЭКСМО-Пресс, 2001. – 319 с. ISBN 5–04–008446–3.
2. Величковский, Б. Б. Рабочая память человека: структура и механизмы. – М.: Когито-Центр, 2015. – 246 с. ISBN

978-5-89353-467-2.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.