

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский государственный профессионально-педагогический
университет
Уральское отделение Российской академии образования
Академия профессионального образования

О.Е. Сурнина

**ОСНОВЫ
ПСИХОФИЗИОЛОГИИ**

Учебное пособие

Екатеринбург
2006

УДК 612.821 (075.8)

ББК Ю 932 я 73–1

С 90

Сурнина О.Е. Основы психофизиологии: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2006. 250 с.

ISBN 5-8050-0207-8

В учебном пособии раскрываются физиологические механизмы психики человека. Дано подробное описание методов психофизиологических исследований. Рассматриваются физиологические корреляты отдельных психических явлений (ощущений, восприятия, внимания, памяти и т.д.), начиная с субклеточного и заканчивая системным уровнем, дается их современная интерпретация.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по психологическим, биологическим, педагогическим специальностям. Может быть рекомендовано студентам медицинских специальностей, а также широкому кругу читателей, интересующихся проблемами психофизиологии.

Рецензенты: доктор биологических наук, профессор В.А. Бароненко (Уральский государственный технический университет); доктор биологических наук, профессор В.И. Лупандин (Уральский государственный университет)

ISBN 5-8050-0207-8

© Российский государственный
профессионально-педагогический
университет, 2006

© Сурнина О.Е., 2006

Введение

Человечество издавна интересовал вопрос об отношении мозга и психики, тела и души, материального и идеального. Ответ на этот вопрос давался в зависимости от уровня развития общества в целом и от сформировавшегося в этом обществе научного мировоззрения. Огромное количество фактов, полученных разными исследователями, однозначно свидетельствовало о тесной взаимосвязи между мозгом и всевозможными проявлениями психики, но отсутствие четкой методологической основы не позволяло объяснить работу мозга как целого. Лишь к началу 80-х гг. XX в., когда накопилось большое количество экспериментальных и клинических данных, когда были предложены различные теоретические модели и концепции, эти знания выкристаллизовались в отдельную науку — психофизиологию.

Обладая обширным арсеналом самых современных методов исследования, психофизиология раскрыла тесную связь между сложнейшими физиологическими процессами и наблюдаемыми при этом психическими явлениями. При этом следует особо подчеркнуть, что одним из основных принципов работы мозга является принцип системности, в соответствии с которым мозг работает как единое целое. Поэтому некорректно связывать ту или иную психическую функцию с работой конкретной структуры центральной нервной системы. Любой психический акт, даже самый простой, реализуется при активации множества нервных центров, лежащих на разных уровнях центральной нервной системы и вовлекаемых в работу одновременно или последовательно. При этом можно зарегистрировать различные физиологические показатели (изменение локального мозгового кровотока, вызванные потенциалы и т.д.), но все они будут лишь маркерами, детерминантами, коррелятами психических функций.

Здесь мы сталкиваемся с одной из сложнейших проблем современной науки — психофизиологической проблемой, суть которой заключается в том, что психические явления невозможно описать в физиологических терминах. Другими словами, психическое несводимо к физиологическому, хотя они тесно связаны между собой. Порой трудно определить, что здесь является причиной, а что следствием, т.е. либо психическое состояние определяет изменение функций моз-

га и других органов, либо, наоборот, физиологические процессы обуславливают изменение психики.

Несмотря на то что сегодня уже многое известно о физиологических основах психики, ряд вопросов остаются нерешенными и по сей день. Вместе с тем психофизиология является одной из немногих дисциплин в ряду нейронаук, которая рассматривает психическое явление как сложный феномен, обусловленный взаимодействием физиологических процессов разного уровня, как систему, свойства которой, однако, не сводятся к свойствам ее элементов.

Психофизиология является одной из базовых дисциплин в подготовке психологов. Студент, специализирующийся в любом направлении психологии, должен отчетливо представлять себе, какие физиологические процессы обуславливают те или другие состояния человека, с помощью каких объективных методов можно исследовать эти состояния. Именно знания в области физиологических основ психики помогут будущим специалистам осознанно и грамотно подойти к выбору адекватных методик при проведении психодиагностических и психокоррекционных мероприятий, при постановке эксперимента. Эти знания обеспечат глубокое понимание тесной связи и взаимной обусловленности физиологических и психических процессов.

Часть 1. ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ПСИХОФИЗИОЛОГИИ

Глава 1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ПСИХОФИЗИОЛОГИИ

1.1. Определение психофизиологии

Психофизиология – наука, изучающая физиологические основы психической деятельности и поведения человека.

Термин «психофизиология» был предложен в начале XIX в. французским философом Н. Массиасом. Он использовался для обозначения исследований, опиравшихся на точные объективные физиологические методы (определение порогов, времени реакции и т.д.).

Психофизиология – это естественнонаучная ветвь психологии, поэтому важно определить ее положение в ряду близких по ориентации дисциплин: физиологической психологии, физиологии высшей нервной деятельности, нейропсихологии.

Наиболее близка к психофизиологии *физиологическая психология*. Эта наука возникла в конце XIX в. как раздел экспериментальной психологии. Термин «физиологическая психология» был введен В. Вундтом. Им обозначались психологические исследования, которые заимствуют физиологические методы. Физиологическая психология — наука, изучающая физиологические механизмы психической деятельности, т.е. задачи физиологической психологии и психофизиологии совпадают. Но у них разный предмет исследования. Психофизиология изучает сложное поведение, пытается объяснить целостные формы психической деятельности с помощью физиологических процессов. Физиологическая психология изучает частные физиологические механизмы, лежащие в основе отдельных психических состояний.

Каково соотношение психофизиологии и нейропсихологии?

Нейропсихология — это отрасль психологической науки, сложившаяся на стыке нескольких дисциплин: психологии, медицины (нейрохирургии, неврологии), физиологии — и направленная на изу-

чение мозговых механизмов высших психических функций в связи с локальными поражениями головного мозга. Теоретической основой нейропсихологии является разработанная А.Р. Лурия теория системной динамической локализации психических процессов.

В последние десятилетия появились новые психофизиологические методы (например, позитронно-эмиссионная томография, ядерно-магнитный резонанс и др.), которые позволяют исследовать мозговую локализацию динамики высших психических функций у здоровых людей. Таким образом, современная нейропсихология, взятая в полном объеме своей проблематики, ориентирована на изучение мозговой организации психической деятельности не только в патологии, но и в норме.

Наконец, следует указать на соотношение физиологии высшей нервной деятельности (ВНД) и психофизиологии. Понятие «высшая нервная деятельность», введенное И.П. Павловым, в течение многих лет отождествлялось с понятием «психическая деятельность». Таким образом, физиология ВНД представляла собой физиологию психической деятельности, или психофизиологию.

Хорошо обоснованная методология и богатство экспериментальных приемов физиологии ВНД оказали решающее влияние на исследования в области физиологических основ поведения человека, затормозив, однако, те исследования, которые не укладывались в прокрустово ложе классической физиологии. В 1950 г. состоялась так называемая «павловская сессия», посвященная проблемам психологии и физиологии. На ней шла речь о необходимости возрождения павловского учения. За уклонение в сторону от этого учения резкой критике подвергся создатель теории функциональных систем П.К. Анохин и некоторые другие видные ученые.

Официально положение дел изменилось в 1962 г., когда состоялось Всесоюзное совещание по философским вопросам физиологии высшей нервной деятельности и психологии.

В связи с интенсивным развитием новой техники физиологического эксперимента, прежде всего с появлением электроэнцефалографии, стал расширяться фронт экспериментальных исследований мозговых механизмов психики и поведения человека и животных. Метод электроэнцефалографии дал возможность заглянуть в тонкие физио-

логические механизмы, лежащие в основе психических процессов и поведения. Развитие микроэлектродной техники, эксперименты с электрической стимуляцией различных образований головного мозга с помощью вживленных электродов открыли новое направление исследований мозга. Возрастающее значение вычислительной техники, теории информации, кибернетики и т.д. требовало переосмысления традиционных положений физиологии ВНД и выработки новых теоретических и экспериментальных парадигм.

Благодаря послевоенным новациям существенно преобразилась и зарубежная психофизиология, которая до этого на протяжении многих лет занималась исследованием физиологических процессов и функций человека при различных психических состояниях. В 1982 г. в Канаде состоялся I Международный психофизиологический конгресс, на котором была создана Международная психофизиологическая ассоциация и учрежден журнал «Международный журнал психофизиологии» («International Journal of Psychophysiology»).

Все современные науки о мозге и его функциях объединяются в комплекс нейронаук. Психофизиология по праву занимает одно из ведущих мест среди них и составляет важнейшую и неотъемлемую часть этой области знания.

1.2. История развития психофизиологии

Проблема соотношения психики и мозга, души и тела, разведения их по разным уровням бытия имеет глубокие исторические традиции, прежде всего традиции европейского мышления, существенно отличающегося от многих восточных систем мирозерцания.

Философы Древней Греции (Гераклит, Демокрит) полагали, что душа и тело едины. Душа человека ничем не отличается от души животных. Сократ и Платон разделяли эти две субстанции: есть душа и есть тело, они существуют отдельно.

Уже в Древнем Риме Клавдий Гален (II в. н.э.) утверждал, что душевная деятельность осуществляется мозгом и является его функцией.

В европейской традиции термины «душа» и «тело» впервые стал рассматривать с научных позиций выдающийся философ и врач

Рене Декарт, живший в XVII в. Он полагал, что тело — это автомат, действующий по законам механики, и только при наличии внешних стимулов. Р. Декарт выдвинул идею рефлекса как машинообразного ответного поведенческого акта (хотя сам термин «рефлекс» был предложен спустя столетие). Душа, напротив, особая сущность (субстанция), состоящая из непротяженных явлений сознания — мыслей. Именно мысль представляет собой наиболее доступный объект самонаблюдения. Отсюда знаменитое утверждение: «Я мыслю, следовательно, я существую». Принцип рефлекса на психические процессы Р. Декартом не распространялся.

Итак, Р. Декарт рассматривал душу и тело как две самостоятельные, независимые субстанции. Однако как душа может влиять на деятельность тела, так и тело, в свою очередь, способно сообщать душе сведения о внешнем мире. Для объяснения этого взаимодействия Р. Декарт предположил, что в мозгу человека имеется специальный орган — шишковидная железа — посредник между душой и телом. Воздействие внешнего мира вначале передается посредством нервной системы, а затем тем или иным способом «некто» (гомункулус) расшифровывает содержащуюся в нервной деятельности информацию.

Таким образом, Р. Декарт, четко разделив тело и душу человека, впервые поставил проблему их соотношения и дал первый вариант ее решения, получившей название психофизического параллелизма. Учение Декарта, исходящее при объяснении сущего из наличия двух противоположных начал — материального и духовного, получило название дуализма Декарта.

Сходных взглядов придерживались многие современники и последователи Р. Декарта, например выдающийся философ и математик Г. Лейбниц. Согласно его представлениям, душа и тело действуют независимо и автоматически в силу своего внутреннего устройства, но действуют удивительно согласованно и гармонично, подобно паре точных часов, всегда показывающих одно и то же время.

Заложив основы рефлекторной методологии изучения поведения человека и животных, Р. Декарт, однако, не употреблял сам термин «рефлекс». Последний был введен в науку спустя сто лет чешским ученым Йиржи Прохазкой (XVIII в.). Й. Прохазка распростра-

нил этот термин на нервную, в том числе и психическую, деятельность.

Высказанная Р. Декартом идея о рефлекторном принципе организации простейших поведенческих актов нашла свое плодотворное развитие в дальнейших исследованиях, в том числе направленных на преодоление психофизиологического параллелизма. Большую роль в этом сыграл выдающийся физиолог И.М. Сеченов (1873). Он обосновал возможность распространения понятия рефлекса как детерминистического принципа организации поведения на всю работу головного мозга. И.М. Сеченов утверждал, что психические акты носят такой же строго закономерный и детерминированный характер, как и акты, считающиеся чисто нервными. Он ввел представление об иерархии рефлексов, доказав, что наряду с элементарными имеется множество сложных рефлексов. Это рефлексы с усеченным и задержанным концом, при которых происходит актуализация прошлого опыта. Мысль, по его мнению, — психический рефлекс с задержанным окончанием, развивающийся по внутренней цепи ассоциированных рефлексов, а психический рефлекс с усиленным окончанием — это аффект или эмоция. И.М. Сеченов ввел также представление о психическом элементе — интегральной части рефлекторного процесса, благодаря которому организм может активно приспосабливаться к среде.

Рассматривая психическое чувство как неотъемлемый элемент внутренней структуры рефлекса, И.М. Сеченов прочно связал понятие психического с рефлексом, обосновал невозможность отрыва психического от рефлекторной деятельности.

Во второй половине XIX в. психология выделяется как самостоятельная наука. Признавалось, что в организме существуют два начала: физическое (телесное, физиологическое) и духовное (психическое). Они не зависят друг от друга, а потому должны изучаться разными науками: телесное — физиологией, духовное — психологией.

Но в рамках психологии немецкий исследователь Вильгельм Вундт закладывает основы нового направления — *экспериментальной психологии*. В зависимости от методов исследования он делит психологию на два раздела: *физиологическую психологию* и *психологию народов*. Физиологическая психология исследует простейшие психические процессы посредством экспериментальных методов. Психология

народов изучает высшие психические функции посредством анализа языка, обычаев, традиций, мифов, искусства и т.д.

Однако доминирование взглядов на психику как явление, не зависящее от физиологических процессов, сильно тормозило развитие экспериментальной психологии. На рубеже XIX – XX вв. возник кризис психологии.

Вместе с тем в физиологии накапливалось все больше данных, свидетельствующих о тесной связи психики и мозга. Это работы Г. Фритча и Е. Гитцига, открывших двигательную кору; киевского анатома В.А. Беца, описавшего гигантские пирамидные клетки; Ф. Гольца и Ж.-П. Флуранса, заложивших основы холизма; А. Галлера, развившего представления о связи разных участков коры с различными функциями, и т.д. Однако пока не было научных концепций, которые объясняли бы различные физиологические процессы, происходящие в разных психических состояниях. И главное, не было объективного метода, позволявшего точно устанавливать зависимость между раздражителем и силой ответной реакции.

Такой подход был предложен И.П. Павловым в начале XX в. Разработанный им метод условных рефлексов и созданное на его основе учение на многие годы определило развитие не только физиологической, но и психологической науки. Павловские методы стали методологической основой американского бихевиоризма. У нас в стране И.П. Павлов стал основателем новой науки – *физиологии высшей нервной деятельности*.

На Западе в это время широкое распространение получила *физиологическая психология*. Наиболее крупным исследователем в этой области является П. Милнер, издавший в 1970 г. свой знаменитый учебник «Физиологическая психология», изданный во многих странах мира.

Но рождение психофизиологии как науки состоялось лишь в 1982 г. на I Международном конгрессе психофизиологов в Монреале. В результате научных дискуссий был определен предмет исследования новой науки. Психофизиология – это наука, изучающая физиологические механизмы психических процессов и состояний.

1.3. Современные представления о соотношении психического и физиологического

Несмотря на многие достижения психофизиологии, особенно в последние десятилетия, психофизиологический параллелизм как система взглядов не отошел в прошлое. Известно, что выдающиеся физиологи XX в., такие как Ч. Шерингтон, Э. Эдриан, У. Пенфилд, Дж. Экклс и ряд других, придерживались дуалистического решения психофизиологической проблемы. Согласно их мнению, при изучении нервной деятельности не надо принимать во внимание психические явления, а мозг можно рассматривать как механизм, деятельность определенных частей которого, в крайнем случае, параллельна разным формам психической деятельности. Цель психофизиологического исследования должна заключаться в выявлении закономерностей параллельного протекания психических и физиологических процессов.

Многочисленные клинические и экспериментальные данные, накопленные в науке в последние десятилетия, свидетельствуют, однако, что между психикой и мозгом существует тесная диалектическая взаимосвязь. Воздействуя на мозг, можно изменить и даже уничтожить дух (самосознание) человека, стереть личность, превратив человека в зомби. Сделать это можно химически, используя психоделические вещества (в том числе наркотики); «электрически» (с помощью вживленных электродов); анатомически, прооперировав мозг. В настоящее время с помощью электрических или химических манипуляций с определенными участками головного мозга человека изменяют состояние сознания, вызывая различные ощущения, галлюцинации и эмоции.

Вышесказанное неопровержимо доказывает прямое подчинение психики внешним физико-химическим воздействиям. Более того, в последнее время накапливается все больше данных о том, что психофизиологические состояния человека тесно связаны с наличием или отсутствием того или иного химического вещества в мозге.

С другой стороны, все, что глубоко затрагивает психику, отражается также на мозге и на всем организме. Известно, что горе или сильная депрессия могут привести к телесным (психосоматическим)

заболеваниям. Гипноз может вызвать различные соматические расстройства, и наоборот, способствовать излечению. Широко известны поразительные эксперименты, которые осуществляют йоги со своим организмом. Интересно, что эффект плацебо, т.е. нейтрального вещества, которое применяется вместо «ультрасовременного» лекарства, наблюдается у одной трети больных независимо от их социального статуса, культурного уровня, вероисповедания или национальности.

Приведенные выше факты однозначно свидетельствуют о том, что столь тесную взаимосвязь между мозгом и психикой нельзя объяснить с позиций физиологического параллелизма.

1.4. Психофизиологическая проблема

Психофизиологическая проблема заключается в решении вопроса о соотношении между психическими и нервными процессами в организме. В такой формулировке она составляет основное содержание предмета психофизиологии. Первое решение этой проблемы можно обозначить как *психофизиологический параллелизм*. Суть его заключается в противопоставлении независимо существующих психики и мозга (души и тела). В соответствии с этим подходом психика и мозг признаются как независимые явления, не связанные между собой причинно-следственными отношениями. Одним из основоположников такого дуализма являлся Р. Декарт.

Несмотря на многие достижения психофизиологии, особенно в последние десятилетия, психофизиологический параллелизм как система взглядов не отошел в прошлое. Многие физиологи, в том числе и нобелевские лауреаты, придерживаются дуалистического решения психофизиологической проблемы.

В то же время наряду с параллелизмом сформировались еще два подхода к решению этой проблемы: *психофизиологическая идентичность* и *психофизиологическое взаимодействие*. Первый представляет собой вариант крайнего физиологического редукционизма, при котором психическое, утрачивая свою сущность, полностью отождествляется с физиологическим. Примером рассуждений в русле такого подхода служит известная метафора: «Мозг вырабатывает мысль, как печень желчь». Психологическое взаимодействие представляет собой

вариант частичного решения проблемы. Предполагая, что психическое и физиологическое имеют разные сущности, этот подход допускает определенную степень их взаимодействия и взаимовлияния.

Сложность решения психофизиологической проблемы обусловлена несводимостью получаемых объективными методами физиологических показателей к субъективным по сути психическим процессам и состояниям.

Глава 2. МЕТОДЫ ПСИХОФИЗИОЛОГИИ

Все используемые в психофизиологии методы можно условно разделить на две группы: основные и дополнительные. К основным относятся методы исследования мозга, к вспомогательным — методы исследования других систем и органов.

2.1. Методы исследования работы мозга

Самыми распространенными и доступными, не травмирующими организм исследованиями деятельности мозга являются электроэнцефалография и метод вызванных потенциалов (ВП). Оба метода в последние десятилетия получили дальнейшее развитие (второе рождение) в связи с компьютерной обработкой элементов электроэнцефалограмм (ЭЭГ) и ВП.

2.1.1. Электроэнцефалография

Электроэнцефалография — это регистрация суммарной электрической активности мозга с поверхности головы, а *электроэнцефалограмма (ЭЭГ)* представляет собой кривую, зарегистрированную при этом. Запись ЭЭГ с коры головного мозга называется *электрокортикограммой (ЭКоГ)*.

Регистрация ЭЭГ производится с помощью биполярных (оба активны) или униполярных (активный и индифферентный) электродов, накладываемых симметрично в лобных, центральных, теменных, височных и затылочных областях головного мозга. Основными

анализируемыми параметрами ЭЭГ являются частота и амплитуда волновой активности.

На ЭЭГ регистрируются несколько основных физиологических ритмов: альфа-, бета-, тета-, дельта- и гамма-ритмы.

Альфа-ритм имеет частоту 8—13 Гц, амплитуду до 70 мкВ, наблюдается у человека в состоянии физического, интеллектуального и эмоционального покоя. Альфа-ритм является упорядоченным регулярным ритмом. Если он доминирует, ЭЭГ рассматривается как *синхронизированная*. По одной из версий механизм синхронизации ЭЭГ связан с деятельностью ядер таламуса.

Альфа-ритм преобладает у 85 — 95% здоровых людей старше девятилетнего возраста. Лучше всего он выражен в затылочных областях мозга, в передних (центральной и лобной) областях, часто сочетается с бета-ритмом. Вариантом альфа-ритма являются «веретена сна» длительностью 2 — 8 с, которые наблюдаются при засыпании и представляют собой регулярные чередования нарастания и снижения амплитуды волн в частотах альфа-ритма. Предполагается, что роль альфа-ритма заключается в своеобразной стабилизации состояния мозга и обеспечении готовности к реагированию.

Бета-ритм имеет нерегулярную частоту 14—30 Гц, низкую амплитуду — до 30 мкВ, сменяет альфа-ритм при сенсорной стимуляции, например при действии света, при эмоциональном возбуждении. Повышение мощности бета-ритма у взрослых отмечается при умственной деятельности, включающей элементы новизны. Наиболее выражен бета-ритм в лобных, центральных областях головного мозга. Бета-ритм отражает высокий уровень функциональной активности головного мозга. Смена альфа-ритма бета-ритмом называется *десинхронизацией ЭЭГ* и объясняется активирующим влиянием на кору больших полушарий восходящей ретикулярной формации ствола и лимбической системы.

Тета-ритм имеет частоту 4—7 Гц, амплитуду до 200 мкВ. У бодрствующего человека тета-ритм обычно регистрируется в передних областях мозга при длительном эмоциональном и умственном напряжении (стресс-ритм) и почти всегда — в процессе развития фаз медленноволнового сна. Отчетливо регистрируется у детей, пребывающих в состоянии неудовольствия.

Дельта-ритм имеет частоту 0,5—3,0 Гц, амплитуду 200—300 мкВ. Эпизодически регистрируется во всех областях головного мозга. Появление этого ритма у бодрствующего человека свидетельствует о снижении функциональной активности мозга. Дельта-ритм стабильно фиксируется во время глубокого медленноволнового сна.

Происхождение тета- и дельта-ритмов ЭЭГ связывают с активностью соответственно мостовой и бульбарной синхронизирующих систем ствола мозга.

Гамма-ритм (частота 35—200 Гц; амплитуда 2 мкВ) широко представлен в различных структурах мозга, принимает непосредственное участие в сенсорных и когнитивных процессах.

Показатели ЭЭГ. При малейшем привлечении внимания к любому стимулу развивается десинхронизация ЭЭГ — *реакция блокады альфа-ритма*. Хорошо выраженный альфа-ритм — показатель покоя организма (релаксации). Более сильная реакция активации выражается не только в блокаде альфа-ритма, но и в *усилении высокочастотных составляющих ЭЭГ*: бета- и гамма-активности. Выделяют несколько типов *частотных спектров фоновой ЭЭГ* бодрствования: ЭЭГ с альфа-ритмом и без альфа-ритма, а также с преобладанием бета-активности и спектра ЭЭГ десинхронизированного типа, когда ни один из ритмов не доминирует. Падение уровня функционального состояния сопровождается выраженным усилением медленно-волновой активности в тета- и дельта-диапазоне и уменьшением доли высокочастотных составляющих.

Артефакты в ЭЭГ. Затруднения, возникающие в экспериментах с ЭЭГ, связаны с миганиями и движениями глаз, так как смена положения глазного яблока вызывает изменения в электрических потенциалах, записываемых от черепа. Наиболее загрязненные данные получают при расположении электродов в передних отделах. Особенно трудно сохранять фиксацию глаз в длительных экспериментах. Фактически в данном случае существует двойное задание: выполнение соответствующей задачи и удержание глаз в положении фиксации. Это в первую очередь относится к выполнению заданий, связанных со зрительным вниманием. Субъект должен препятствовать естественной тенденции сдвига фиксации зрака в направлении стимула, вызывающего внимание.

Глазодвигательные потенциалы обычно контролируются с помощью процедуры, автоматически исключающей те пробы, во время которых возникают сильные артефакты. Однако процедура становится неэффективной, когда в эксперименте участвуют испытуемые, которые не могут адекватно контролировать движения глаз (например, дети). В этом случае большое число проб должно быть отвергнуто. Сейчас создано много технологий для вычитания из ЭЭГ артефактов, связанных с движением глаз.

Также очень важно во время регистрации ЭЭГ избегать «ненужных» движений тела, которые могут вызывать в записях от черепа электрические артефакты. Кроме того, субъект должен находиться в достаточно расслабленном состоянии. Увеличенное мышечное напряжение, особенно в области головы и шеи, загрязняет электрическую активность и вызывает появление в записях артефактов от мышечных рефлексов. Фактически такое возрастание мышечного тонуса относится к нормальному поведению субъекта, например, когда проводятся эксперименты с теппингом для определения способности к максимальной скорости выполнения задания. Когда мы требуем от субъекта, чтобы он выполнял такое задание с расслабленной мускулатурой, без крепкого сжатия зубов или без напряжения фронтальных мышц, тем самым мы пытаемся на нормальный и хорошо заученный паттерн поведения, который отвечает требованиям выполнения данного задания.

2.1.2. Метод вызванных потенциалов

Метод вызванных потенциалов (ВП) — это регистрация колебания электрической активности, возникающего на ЭЭГ в ответ на внешнее раздражение. Амплитуда их обычно невелика, она в несколько раз меньше амплитуды фоновой ЭЭГ, поэтому для эффективного выделения ВП применяют прием компьютерного суммирования и усреднения участков ЭЭГ. В процессе усреднения случайные колебания ЭЭГ трансформируются в изолинию, на фоне которой отчетливо проявляются колебания ВП.

Позже техника усреднения была применена для выделения ВП, обусловленных не только сенсорными стимулами, но и намерением

произвести движение, ожиданием стимула и т.д. В связи с этим появился новый термин — «потенциалы, связанные с событиями» (ПСС). Эти потенциалы представляют собой последовательность позитивных и негативных волн, отличающихся друг от друга по амплитуде и латентности. Амплитуда — размах колебаний компонента (волны), измеряется в микровольтах; латентность — время от начала стимуляции до пика компонента, измеряется в миллисекундах.

Общая продолжительность ВП составляет 300 мс. Наиболее ранние компоненты ВП (около 100 мс) отражают поступление в кору большого мозга афферентных возбуждений через специфические ядра таламуса. Эту часть ВП называют *первичным ответом*. Первичные ответы регистрируются в корковых проекционных зонах тех или иных периферических рецепторных зон.

Поздние компоненты ВП (более 100 мс) обусловлены поступлением в кору неспецифических возбуждений через ретикулярную формуляцию ствола, неспецифические ядра таламуса и лимбической системы. Это *вторичные ответы*. В отличие от первичных они регистрируются не только в первичных проекционных зонах, но и в других областях мозга, имеющих между собой множественные связи.

Изменения функционального состояния отражаются в ранних компонентах ВП с латентным периодом пика менее 100 мс. С привлечением внимания к стимулу, под влиянием инструкции или в результате действия электрораздражителя, который, как известно, усиливает ориентировочные реакции и сдвигает функциональное состояние в сторону возбуждения, амплитуда их растет, латентный период уменьшается.

С помощью ПСС можно получить пространственно-временную картину потока событий, возникающих в мозге до, во время и после предъявления стимула или выполнения задания. Таким образом, можно попытаться сделать заключение о том, какие области мозга активизированы и когда возникает активация.

Однако этот метод, как и прочие, не лишен недостатков, обусловленных главным образом процедурой усреднения, требующей многократного повторения одного и того же стимула в течение эксперимента. Это, с одной стороны, сужает диапазон экспериментальных парадигм, которые могут быть использованы, с другой — поглощает много време-

ни. Например, трудно исследовать мозговые процессы во время обучения, когда пробы следуют одна за другой, в то же время последующая фаза или уровень исполнения, конечно, могут быть оценены значительно легче. То же самое относится к изучению эффектов от новых стимулов; каждый новый стимул для субъекта является новым только раз. При использовании долго длящегося стимульного блока всегда есть опасность возникновения серьезного нарушения одного из требований процедуры усреднения: сигнал должен быть постоянным. Однако ответ, вызванный стимулом, может значительно изменяться по ходу усреднения.

2.1.3. Магнитоэнцефалография

Поскольку при движении электрических зарядов возникает магнитное поле, мозг генерирует не только электрические (регистрируемые с помощью ЭЭГ), но и магнитные волны. Магнитное поле, генерируемое мозгом и окружающее голову, намного слабее, чем поля, создаваемые другими органами, например сердцем. Особенно слабы изменения магнитных полей, вызываемые сенсорными стимулами. Поля, генерируемые мозгом, как правило, составляют только несколько миллиардных долей магнитного поля Земли. Поэтому для их регистрации используются специальные приборы — магнитометры, обладающие высокочувствительными датчиками, заполненными жидким гелием или парами цезия. Прибор изолирует магнитное поле мозга от более сильных внешних магнитных полей. Магнитометр имеет множество датчиков, что позволяет получать пространственную картину распределения электромагнитного поля. Современные магнитометры обладают высокой пространственной и временной разрешающей способностью.

Метод магнитоэнцефалографии (МЭГ) имеет целый ряд преимуществ перед ЭЭГ:

1. МЭГ является бесконтактным методом регистрации (отсутствие искажений от электромагнитных полей кожи, подкожной клетчатки, костей черепа и других тканей).

2. МЭГ регистрирует только источники активности, расположенные тангенциально (параллельно черепу), и не реагирует на ради-

ально расположенные источники. ЭЭГ же регистрирует суммарную биоэлектрическую активность как радиально расположенных структур (подкорковые центры), так и тангенциально (кора головного мозга). Это затрудняет их дифференциацию. Поэтому МЭГ позволяет определить локализацию только корковых диполей. Из-за своей повышенной чувствительности к тангенциально расположенным источникам тока МЭГ является оптимальным методом для детекции активности диполей, которые располагаются в корковых бороздах.

3. В то время как измерение ПСС обычно требует использования некоторого «неактивного» электрода (чья реальная неактивность иногда становится предметом основной дискуссии), регистрация МЭГ не связана с индифферентным электродом.

Метод МЭГ, как и другие, имеет свои ограничения. Оба метода — ЭЭГ и МЭГ — сталкиваются с важной проблемой соотношения «сигнал — шум»; следовательно, усреднение также необходимо и при работе с МЭГ.

В настоящее время техника дипольного анализа, используемая в работах с МЭГ, основывается на предположении, что существует только одна пространственно ограниченная зона источника (модель одного диполя). Однако, если лежащие по соседству два источника активированы параллельно, этот аналитический метод выявляет «центр тяжести», который локализуется посередине между двумя источниками. Таким образом, центр активации, выявленный с помощью данного анализа, может попасть в полностью неактивированную зону.

Из изложенного ранее становится очевидным, что главное назначение метода МЭГ для текущих нейрофизиологических исследований информационных процессов у человека состоит:

- в точной локализации церебральных процессов, генерирующих ответы, которые могут быть записаны с помощью специальных датчиков;
- в дополнении и устранении неопределенности в информации, содержащейся в ПСС, что делает ее более полезной и ценной.

2.1.4. Локальный мозговой кровоток и скорость локального мозгового метаболизма

Активность нервной системы может быть косвенно измерена через увеличение скорости мозгового метаболизма и кровотока, которое неизменно сопровождает возрастание активности. Эти изменения следуют за повышением активности нервной системы с относительно коротким латентным периодом и пространственно ограничены той областью, в которой возникает эта активность. Скорость локального мозгового метаболизма (СЛММ) обычно точно выражается величиной кровотока в единицу времени в этом локусе: региональный кровоток становится высоким, когда скорость метаболизма достигает высоких значений, и низким, когда она снижается. Было показано, что увеличение регионального мозгового кровотока локализуется в активированных колонках коры и оттуда не распространяется за пределы активированной мозговой области. Различные виды активации, даже при отсутствии их проявления в поведении, ассоциированы с различными паттернами локального мозгового кровотока (ЛМКТ), которые, следовательно, обнаруживают причастность мозговых структур к активации.

Локальный мозговой кровоток является индикатором скорости метаболизма. Чувствительность кровотока к активации мозговой ткани обусловлена тем фактом, что мозговая ткань, не имеющая энергетических ресурсов, критически зависит от непосредственного притока кислорода и глюкозы, поступающих из циркулирующей крови. Следовательно, в нормальных условиях, когда наблюдается устойчивое состояние, величина локального кровотока тесно связана с локальным потреблением кислорода (скоростью мозгового метаболизма по кислороду) и глюкозы (скоростью мозгового метаболизма по глюкозе). Принято считать, что в нормальном мозге при нормальных условиях ЛМКТ отражает локальную активность нервной системы.

Однако в некоторых клинических случаях, таких как инсульт или энцефалит, может возникать «нарушение согласованности» СЛММ и ЛМКТ. Таким образом, ЛМКТ не всегда указывает на локальный метаболизм.

Измерение ЛМКТ стало возможным в начале 60-х гг. XX в. благодаря разработке методики интраартериальной или интракраниальной инъекции ксенона-133 (Xe).

После инъекции жидкости с радиоактивной меткой с помощью динамичной многоканальной гамма-камеры от одного из полушарий осуществляется регистрация изотопного клиренса (англ. *clearance* — очистка). Измерение мозгового кровотока по изотопному клиренсу начинается через несколько секунд после начала инъекции и длится 40—50 с. Величина кровотока определяется на компьютере по «кривым вымывания» из ткани атомов изотопов. Затем результаты обработки отображаются на цветном дисплее, где различной величине кровотока соответствуют разные цвета (наиболее интенсивному кровотоку — красный, наименее интенсивному — синий).

Таким образом, попадание метки в мозг и ее клиренс отражают локальный кровоток. Чем интенсивнее кровоток, тем быстрее будет сначала увеличиваться концентрация метки, а затем уменьшаться и исчезать. Эти изменения концентрации радиоактивной метки, наблюдаемые во времени, формируют базу данных, на основании которых с помощью определенных компьютеризованных процедур определяют значения локального кровотока.

Так как внутриартериальный метод с использованием изотопа ксенона-133 позволяет измерять кровоток только от поверхности больших полушарий из-за низкого энергетического уровня излучаемых гамма-лучей, то он описывается как двумерный (негемографический) метод. Кроме того, с помощью этого метода можно получить информацию только в отношении одного полушария (на стороне той сонной артерии, через которую делается инъекция). У метода также имеются дополнительные ограничения, обусловленные тем, что не все области коры снабжаются через сонные артерии. Данный метод имеет еще один недостаток, связанный с необходимостью прокалывать сонную артерию.

По этой причине был разработан другой метод, который неинвазивен и является билатеральным. При этом методе субъект вдыхает очень малое количество ксенона-133, обычно в течение одной минуты. Таким образом, физиологически пассивная метка входит в кровеносную систему через легкие и ее часть попадает в мозг. После мину-

ты вдыхания ксенона субъект вновь дышит нормальным воздухом. Через венозную кровь метка уходит из мозговой ткани, возвращается к легким и выдыхается. Большой набор детекторов (до 254) осуществляет непрерывную регистрацию. Каждый из них записывает приход и исчезновение радиоактивной метки от своей собственной маленькой области в коре мозга.

Преимущество метода измерения ЛМКТ заключается в том, что он позволяет оценить кортикальную активность с очень высоким пространственным разрешением. По сравнению с МЭГ измерение ЛМКТ способно показать активированную область целиком, ее величину, форму и даже градиенты активации внутри ее фокуса. С помощью метода измерения ЛМКТ можно определить не только фокусы активации, но и показатель активации для каждой одиночной маленькой зоны (пикселя), охваченной регистрацией. Таким образом, могут быть измерены динамические характеристики метаболизма, его изменения (усиление или падение), а также амплитуда этих изменений.

С другой стороны, временное разрешение метода измерения ЛМКТ крайне низко в сравнении с миллисекундной шкалой времени, с которой оперируют методы ПСС и МЭГ. Хотя измерения ЛМКТ могут выявить различные паттерны ответов на последовательность единичных стимулов и таким образом показать те кортикальные области, которые вовлекаются в ответ, однако длительный период измерения сводит на нет информацию о временной динамике. К примеру, с помощью метода измерения ЛМКТ невозможно определить порядок, в котором активируются вовлекаемые в ответ структуры мозга. На основе сравнительного изучения селективного внимания методами ПСС и ЛМКТ Р. Наатанен пришел к заключению, что обе группы данных дополняют друг друга. «В то время как метод ПСС, из-за его превосходного временного разрешения, первично направлен на исследования фазических реакций... техника ЛМКТ регистрирует и предоставляет информацию о детальном распределении тонических изменений и фонового состояния мозговой активности, которая частично определяет фазические ответы...» (Наатанен, 1998, с. 125).

2.1.5. Томографические методы

Позитронно-эмиссионная томография. Одной из слабостей метода измерения ЛМКТ было то, что кровоток мог быть зарегистрирован только с поверхности коры. Ограничения были связаны также с исследованием только одного полушария и только тех областей коры, которые снабжаются кровью через сонные артерии. Однако современные технологии позволяют измерять ЛМКТ в любой части мозга. С помощью метода позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) можно осуществлять истинно локальное и количественное измерение в любой точке мозга живого человека.

При использовании этого метода в организм человека внутривенно или через дыхательные пути вводится небольшое количество короткоживущих радиоактивных изотопов: кислорода-15 (^{15}O), азота-13 (^{13}N), углерода-11 (^{11}C) и фтора-18 (^{18}F). По своей химической природе отдельные радиоактивные изотопы так сходны с нормальными составляющими молекул живого вещества, что могут быть введены в вещества, которые включены в большинство метаболических процессов (глюкоза, вода, окись и двуокись углерода, различные аминокислоты, окись азота). Изотопы являются своеобразными «красителями», метками, по которым можно определять интенсивность обмена веществ в определенной части мозга. Активным участкам мозга нужен больший приток крови, поэтому в таких зонах оказывается больше радиоактивных меток.

При распаде изотопов происходит выход позитрона (позитронная эмиссия). Позитроны — это элементарные частицы, аналогичные электронам, но обладающие положительным электрическим зарядом. Позитроны излучаются ядром радиоактивных изотопов, которые имеют слишком мало нейтронов для сохранения стабильности. Излучаемые позитроны после свободного пробега в ткани на короткое расстояние (1 — 6 мм) теряют свою кинетическую энергию, после чего взаимодействуют с электронами. Позитрон и электрон аннигилируют (взаимно нейтрализуются) с выделением двух фотонов (квантов электромагнитного излучения), распространяющихся в противоположных направлениях. Высокая энергия фотонов создает им возможность для прохождения через ткани мозга. Именно фотоны, возникающие в ре-

зультате аннигиляции, и улавливаются ПЭТ-детекторами, расположенными по кольцу вокруг головы. Тот факт, что два фотона разлетаются в противоположных направлениях, позволяет применить алгоритмы для получения топографической картины мозга.

Из-за короткого периода полураспада изотопов стало возможно проводить повторные измерения у одного и того же субъекта. Это допустимо не только из-за низкой дозы радиации, но и из-за минимального уровня фоновой радиационной активности, оставляемой предшествующим измерением.

На основании полученных от множества детекторов данных строится изображение распределения радиоактивности в мозге. Различная концентрация изотопов в этом изображении представлена разными цветами.

Метод ПЭТ используется главным образом для измерения регионального мозгового кровотока, метаболизма глюкозы, кислорода или аминокислот, с его помощью можно измерить мембранный транспорт, плотность рецепторов мозга, их чувствительность к различным веществам.

Несмотря на свою привлекательность, данный метод очень дорогой. Это обусловлено следующим. Поскольку период полураспада используемых изотопов крайне мал, то для проведения исследований необходимо их непрерывное получение. Для этого используется циклотрон, который должен находиться в непосредственной близости от ПЭТ-установки.

Рентгеновская томография. Рентгеновская томография соединила в себе последние достижения рентгеновской и вычислительной техники. В отличие от рентгенографии, с помощью которой можно получить только одну проекцию исследуемого органа, например мозга, рентгеновская томография позволяет одновременно получить множество изображений одного и того же органа.

Принцип работы томографа следующий. Через мозг пропускается тонкий пучок рентгеновских лучей, источник которого вращается вокруг головы в заданной плоскости. Прошедшее через череп излучение замеряется с помощью специального счетчика. Таким образом получают рентгенографические изображения каждого участка мозга с различных точек. Далее с помощью компьютерных программ

по этим данным рассчитывается радиационная плотность ткани в каждой точке исследуемой плоскости. В результате получают высококонтрастное изображение среза мозга в данной плоскости с пространственным разрешением 0,5 – 1 мм для слоя толщиной 2 – 3 мм.

Этот метод чаще всего используется в клинике с целью выявления очага поражения мозга. Недостатком метода является использование жесткого рентгеновского излучения. Кроме того, метод не позволяет выявить динамику процессов, протекающих в мозге, он лишь фиксирует его морфологическое состояние. Поэтому рентгеновскую томографию называют структурной.

Магнитно-резонансная томография. Метод построения изображения с помощью магнитного резонанса, первоначально названного ядерным магнитным резонансом, главным образом известен как метод, который обеспечивает высокое разрешение относительно структур мозга. В основе метода магнитно-резонансной томографии (МТР) лежит явление магнитного резонанса, суть которого сводится к следующему.

Ядра атомов обладают вращательным моментом, при этом они генерируют магнитное поле определенной частоты. Обычно оси вращения различных молекул распределены случайным образом, но под влиянием внешнего магнитного поля их направления меняются. Внешнее поле создается с помощью мощных электромагнитов, расположенных вокруг тела человека. При определенной частоте внешнего магнитного поля возникает эффект резонанса атомных ядер, который проявляется в усилении магнитного поля. Регистрируется появление и затухание такого резонансного поля.

Особенно хорошим резонатором является ядро атома водорода в составе молекулы воды или других молекул организма, например гемоглобина. В последнем случае измеряют пространственное распределение гемоглобина, вернее, соотношение дезоксигемоглобина (Hb) и оксигемоглобина (HbO₂). Когда гемоглобин теряет кислород, он становится парамагнитным, т. е. проявляет магнитные свойства, лишь попав в магнитное поле. При активации организма возрастает метаболическая активность мозга. Это связано с увеличением объема и скорости мозгового кровотока. Дополнительный приток кислорода к участку мозга (HbO₂) приводит к снижению в нем концентрации парамагнитного Hb. Существование многих локусов активации отражается в не-

равномерном распределении в мозге Нб, что создает неоднородность магнитного поля, которую используют для получения карт локальных активаций. Функциональная МРТ позволяет выявлять участки мозга с активно работающими нейронными клетками.

Преимущества ядерно-магнитного резонанса заключаются в отсутствии ионизирующего излучения; в возможности многоплоскостного исследования, осуществляемого исключительно электронными средствами; в большей разрешающей способности.

Существует единая методология применения томографии для изучения высших психических функций мозга. Она предполагает *процедуру вычитания* карты активности мозга, полученной во время выполнения менее сложной когнитивной операции, из карты активности, соответствующей более сложной психической функции. Данная процедура применима и для обработки данных, извлекаемых методом картирования мозга по параметрам ЭЭГ. Это особенно ценно при объединении двух методов анализа: ПЭТ и ЭЭГ, МРТ и ЭЭГ, что характерно для новой тенденции, которая наметилась в использовании данных методов.

2.1.6. Микроэлектродный метод

Метод основан на подведении к одиночным нейронам микроэлектродов. Чаще всего их делают в виде стеклянных микропипеток, которые перед опытом заполняются электролитом (3М КСl). Метод позволяет изучать активность одиночных нейронов центральной нервной системы (ЦНС). С помощью микроэлектродов, вводимых внутрь нервных клеток, можно измерять мембранные потенциалы покоя, регистрировать постсинаптические потенциалы (возбуждающие и тормозные), а также потенциалы действия. Разновидностью микроэлектродного метода является *метод микроионофореза*, при котором используются многоканальные стеклянные микроэлектроды. Через один из каналов, заполненный электролитом, экспериментатор имеет возможность регистрировать электрическую активность нейрона, остальные заполняются биологически активными веществами, которые апплицируют на работающий нейрон, пропуская через растворы веществ постоянный ток.

Таким образом, в условиях прямого эксперимента с регистрацией активности одиночного нейрона можно наблюдать его реакции на действие различных химических веществ и их влияние на условные рефлексы и поведение животного.

С помощью микроэлектродов можно регистрировать и активность популяции (группы) нейронов. В любом случае регистрируется частота импульсов, частота пачек (группы импульсов), пространственно-временные характеристики, т.е. изменение частоты разрядов во времени или изменение «рисунка» пачки.

2.1.7. Термознцефалоскопия

Данным методом измеряют локальный метаболизм мозга и кровотока по теплопродукции. Мозг излучает теплоты в инфракрасном диапазоне. Инфракрасное излучение мозга улавливается на расстоянии от нескольких сантиметров до метра термовизором с автоматической системой сканирования. Сигналы попадают на точечные датчики, показания которых преобразуются в термокарту. В работающем мозге температура отдельных участков непрерывно меняется. Построение термокарты дает временной срез метаболической активности мозга.

2.2. Дополнительные методы

Эти методы основаны на исследовании вегетативных и двигательных реакций. В психофизиологии они редко применяются как самостоятельные, чаще в сочетании с методами исследования мозга.

2.2.1. Электрическая активность кожи

Кожно-гальваническая реакция (КГР), или феномен Тарханова, — это изменение разности потенциалов и уменьшение электрического сопротивления кожи при различных раздражениях, вызывающих эмоциональное возбуждение. Впервые этот эффект был описан русским физиологом И.Р. Тархановым в 1889 г. КГР обусловлена главным образом деятельностью потовых желез и поэтому наиболее резко выражена в том случае, когда электроды расположены на участках кожи, богато снабженных потовыми желе-

зами. Как правило, КГР регистрируют с кончиков пальцев или ладони, хотя можно измерять и с подошв ног, и со лба. Следует, однако, отметить, что природа КГР еще до сих пор неясна.

Активность потовых желез в коже человека находится под контролем симпатической нервной системы. Поэтому электрическая активность кожи представляет собой высокочувствительный психофизиологический показатель, способный дифференцированно отражать различные степени эмоционального возбуждения, в том числе при разных видах психической деятельности.

По современным представлениям КГР обусловлена неспецифической активацией. При повторении раздражителя она уменьшается по амплитуде, подвергаясь угашению, и при изменении раздражителя возникает вновь.

2.2.2. Показатели работы сердечно-сосудистой системы

Сердечно-сосудистая система выполняет витальные функции, обеспечивая постоянство жизненной среды организма. Сердечная мышца и кровеносные сосуды действуют согласованно, чтобы удовлетворять постоянно меняющиеся потребности различных органов и служить сетью для снабжения и связи, поскольку с кровотоком переносятся питательные вещества, газы, продукты распада, гормоны.

Индикаторы активности сердечно-сосудистой системы включают: ритм сердца — частоту сердечных сокращений (ЧСС); минутный объем сердца — количество крови, проталкиваемое сердцем в одну минуту; артериальное давление (АД); региональный кровоток — показатели локального распределения крови. Для измерения мозгового кровотока получили распространение методы томографии и реографии. Томографические методы рассмотрены выше. Реография основана на изменении сопротивления ткани органа в зависимости от его кровенаполнения. Сопротивление ткани тем меньше, чем больше она наполнена кровью. Среди показателей работы сердечно-сосудистой системы используют также среднюю частоту пульса и ее дисперсию.

У взрослого человека в состоянии относительного покоя систолический объем каждого желудочка составляет 70 – 80 мл. Минутный

объем сердца — количество крови, которое сердце выбрасывает в легочный ствол и аорту за 1 мин, — измеряется как произведение величины систолического объема на частоту сердечных сокращений в 1 мин. В покое минутный объем составляет 3 — 5 л. При интенсивной работе минутный объем может существенно увеличиваться (до 25 — 30 л), причем на первых этапах минутный объем сердца растет за счет повышения величины систолического объема, а при больших нагрузках — в основном за счет увеличения сердечного ритма.

Артериальное давление (АД) — общеизвестный показатель работы сердечно-сосудистой системы. Оно характеризует силу напора крови в артериях. АД изменяется на протяжении сердечного цикла, достигая максимума во время систолы (сокращения сердца) и падая до минимума в диастоле, когда сердце расслабляется перед следующим сокращением. Нормальное артериальное давление здорового человека в покое составляет около 130/70 мм рт.ст., где 130 — систолическое давление, а 70 — диастолическое давление. Пульсовое давление — разность между систолическим и диастолическим давлением — в норме составляет около 60 мм рт.ст.

Ритм сердца — показатель, часто используемый для диагностики функционального состояния человека. Он зависит от взаимодействия симпатических и парасимпатических влияний вегетативной нервной системы. Возрастание напряженности в работе сердца может возникать по двум причинам: в результате усиления симпатической активности и снижения парасимпатической.

Электрокардиограмма (ЭКГ) — запись электрических процессов, связанных с сокращением сердечной мышцы. Это самый большой по мощности биоэлектрический процесс, регистрируемый в организме человека.

ЭКГ впервые была зарегистрирована нидерландским ученым В. Эйнтховеном в 1903 г. С помощью клинических и диагностических установок ЭКГ можно регистрировать, используя до 12 различных пар отведений; половина их связана с грудной клеткой, а другая половина — с конечностями. Каждая пара электродов регистрирует разность потенциалов между двумя сторонами сердца, и разные пары дают несколько различную информацию о положении сердца в грудной клетке и о механизмах его сокращения. При заболеваниях сердца

в одном или нескольких отведениях могут обнаруживаться отклонения от нормальной формы ЭКГ, и это существенно помогает при постановке диагноза.

В психофизиологии ЭКГ в основном используется для измерения частоты сокращения желудочков. С этой целью применяют прибор кардиотахометр. Ритм сердца, зарегистрированный с помощью кардиотахометра, как правило, соответствует частоте пульса. Для исследования вегетативного тонуса широко используются записи ЭКГ или кардиоинтервалограммы (КИГ). Наиболее распространенным является метод обработки кардиоинтервалов с помощью гистографического анализа: определяется величина моды (наиболее вероятного значения) распределения $R - R$ интервалов и их вариационный размах и на основании этих параметров вычисляется интегральный показатель — индекс напряжения Баевского. Индекс напряжения пропорционален средней частоте сердечных сокращений и обратно пропорционален диапазону, в котором варьирует интервал между двумя ударами сердца.

Плетизмография — метод непрерывной графической регистрации колебаний объема органа или части тела, обусловленных изменением их кровенаполнения. Характер распределения крови в организме зависит от доминирующей в данный момент физиологической реакции. Сосудистые реакции являются обязательным компонентом многих рефлекторных реакций. Например, в случае ориентировочного рефлекса происходит рефлекторное перераспределение крови: усиление кровоснабжения мозга и как следствие — уменьшение кровоснабжения мышц конечностей. Изменения давления крови и лимфы в конечности находят отражение в форме кривой, которая называется плетизмограммой. Широкое распространение получили пальцевые фотоплетизмографы, портативные устройства, которые также можно использовать для регистрации сердечного ритма.

В плетизмограмме можно выделить два типа изменений: фазические и тонические. Фазические изменения обусловлены динамикой пульсового объема от одного сокращения сердца к другому. Тонические изменения кровотока — это собственно изменения объема крови в конечности. Оба показателя обнаруживают при действии психических раздражителей сдвиги, свидетельствующие о сужении сосудов.

Плетизмограмма — высокочувствительный индикатор вегетативных сдвигов в организме.

2.2.3. Показатели активности дыхательной системы (пневмография)

В психофизиологических экспериментах в настоящее время дыхание регистрируется относительно редко, главным образом для того, чтобы контролировать артефакты.

Для измерения интенсивности (амплитуды и частоты) дыхания используют специальный прибор — пневмограф. Он состоит из надувной камеры-пояса, плотно оборачиваемой вокруг грудной клетки испытуемого, и отводящей трубки, соединенной с манометром и регистрирующим устройством. Возможны и другие способы регистрации дыхательных движений, но в любом случае обязательно должны присутствовать датчики натяжения, фиксирующие изменение объема грудной клетки.

Для регистрации объемов воздуха, поступающего в легкие во время вдоха и выходящего из них во время выдоха, используется прибор спирометр. Можно сказать, что дыхание — это один из недостаточно оцененных факторов в психофизиологических исследованиях.

2.2.4. Показатели активности мышечной системы

Мышечную систему образно определяют как биологический ключ человека к внешнему миру.

Электромиография — метод исследования функционального состояния органов движения путем регистрации биопотенциалов мышц. Электромиография — это регистрация электрических процессов в мышцах, фактически запись потенциалов действия мышечных волокон, которые заставляют их сокращаться.

Поверхностная электромиограмма (ЭМГ) суммарно отражает разряды двигательных единиц, вызывающих сокращение. Регистрация ЭМГ позволяет выявить намерение начать движение за несколько секунд до его реального начала. Помимо этого миограмма выступает

как индикатор мышечного напряжения. В состоянии относительного покоя связь между действительной силой, развиваемой мышцей, и ЭМГ линейна.

Прибор, с помощью которого регистрируются биопотенциалы мышц, называется электромиографом, а регистрируемая с его помощью запись — электромиограммой. Электрическая активность мышечной ткани в отличие от биоэлектрической активности мозга состоит из высокочастотных разрядов мышечных волокон, для неискаженной записи которых, по существующим представлениям, требуется полоса пропускания до 10000 Гц.

2.2.5. Реакции глаз

Для психофизиолога наибольший интерес представляют три категории глазных реакций: сужение и расширение зрачка, мигание и глазные движения.

Пупиллометрия — метод изучения зрачковых реакций. Зрачок — отверстие в радужной оболочке, через которое свет попадает на сетчатку. Диаметр зрачка человека может меняться в пределах от 1,5 до 9 мм. Величина зрачка значительно колеблется в зависимости от количества света, падающего на глаз: на свету зрачок сужается, в темноте — расширяется. Наряду с этим размер зрачка существенно изменяется, если испытуемый реагирует на воздействие эмоционально. В связи с этим пупиллометрия используется для изучения субъективного отношения людей к тем или иным внешним раздражителям.

Диаметр зрачка можно измерять путем простого фотографирования глаза в ходе обследования или же с помощью специальных устройств, преобразующих изменения величины зрачка в постоянно варьирующий уровень потенциала, регистрируемый на полиграфе.

Мигание (моргание) — периодическое смыкание век. Длительность одного мигания приблизительно 0,35 с. Средняя частота мигания составляет 7,5 в минуту и может варьировать в пределах от 1 до 46 в минуту. Мигание выполняет разные функции в обеспечении жизнедеятельности глаз. Однако для психофизиолога существенно, что частота мигания изменяется в зависимости от психического состояния человека.

Движения глаз широко исследуются в психологии и психофизиологии. Это разнообразные по функции, механизму и биомеханике вращения глаз в орбитах. Существуют разные типы глазных движений, выполняющие различные функции. Однако наиболее важная функция движений глаз состоит в том, чтобы поддерживать интересующее человека изображение в центре сетчатки, где самая высокая острота зрения. Минимальная скорость прослеживающих движений составляет около 5 угл. мин/с, максимальная достигает 40 град/с.

Электроокулография — метод регистрации движений глаз, основанный на графической регистрации изменения электрического потенциала сетчатки и глазных мышц. У человека передний полюс глаза электрически положителен, а задний отрицателен, поэтому существует разность потенциалов между дном глаза и роговицей, которую можно измерить. При повороте глаза положение полюсов меняется, возникающая при этом разность потенциалов характеризует направление, амплитуду и скорость движения глаза. Это изменение, зарегистрированное графически, носит название электроокулограммы (ЭОГ). Однако микродвижения глаз с помощью этого метода не регистрируются, для их регистрации разработаны другие приемы.

Вышеперечисленные дополнительные методы традиционной психофизиологии дают не слишком много данных для изучения мозговых механизмов внимания и информационных процессов. В этих методах в основном регистрируются медленные (по сравнению со скоростью протекания когнитивных процессов) автономные реакции (например, кожно-гальванический рефлекс, латентность возникновения которого составляет 1 — 2 с или более). Такие длиннolatентные физиологические процессы, как сосудистый, сердечный, КГР, обычно не позволяют шаг за шагом проанализировать последовательность информационных процессов, а скорее отражают лишь запаздывающую суммарную реакцию физиологических событий, связанных с отдельными стадиями обработки информации.

Многих из этих измерений также недостаточно, чтобы оценить специфические паттерны. Существенное исключение представляет паттерн активности ЭМГ, полученный при одновременной регистрации ЭМГ (электромиограммы) с различных мышц. Например, паттерн ЭМГ лицевых мышц связан с эмоциональными состояниями. Высо-

кодифференцированный паттерн ЭМГ-активности предшествует моторному ответу и отражает те моторные системы, которые вовлекаются в исполнение. Но как можно, например, ожидать, чтобы частота сердечных сокращений также показывала бы пространственные паттерны ответа, если мы имеем только одно сердце? С другой стороны, ЧСС может оказаться высокоинформативным показателем по отношению к временному паттерну ответа.

В целом специфика измерений вегетативных показателей выражена слабо. Это означает, что различные стимулы или ситуации, очевидно, стимулирующие различные процессы в мозге, могут вызывать сходные вегетативные эффекты. Например, КГР, возникающая при провокационном вопросе у подозреваемого в убийстве, может быть сходна с реакцией мужчины, столкнувшегося на улице с привлекательной женщиной.

Итак, большинство вегетативных реакций, применяемых в традиционном психофизиологическом исследовании, может быть использовано для уточнения мозговых механизмов только в качестве непрямых, дополнительных методов в силу того, что эти реакции:

- 1) слишком медленны или возникают с задержкой;
- 2) слишком удалены от процессов, представляющих основной интерес;
- 3) слишком неспецифичны относительно стимула и задачи;
- 4) слишком неспецифичны по отношению к различным стадиям обработки информации;
- 5) слишком тесно связаны с активационными и энергетическими эффектами (энергетическая мобилизация) и эмоциями, возникающими в организме.

2.2.6. Детектор лжи

Детектор лжи — условное название прибора — полиграфа, одновременно регистрирующего комплекс физиологических показателей (КГР, ЭЭГ, плетизмограмму и др.) с целью выявления динамики эмоционального напряжения. С человеком, проходящим обследование на полиграфе, проводят собеседование, в ходе которого наряду с нейтральными задают вопросы, составляющие предмет специальной

заинтересованности. По характеру физиологических реакций, сопровождающих ответы на разные вопросы, можно судить об эмоциональной реактивности человека и в какой-то мере о степени его искренности в данной ситуации. Поскольку в большинстве случаев не обученный специально человек не контролирует свои вегетативные реакции, детектор лжи позволяет выявить, по некоторым оценкам, до 71 % случаев обмана.

Следует иметь в виду, однако, что сама процедура собеседования (допроса) может быть настолько неприятна для человека, что возникающие по ходу физиологические сдвиги будут отражать его эмоциональную реакцию на процедуру. Отличить спровоцированные процедурой тестирования эмоции от эмоций, вызванных целевыми вопросами, невозможно. В то же время человек, обладающий высокой эмоциональной стабильностью, сможет относительно спокойно чувствовать себя в этой ситуации, и его вегетативные реакции не дадут твердых оснований для вынесения однозначного суждения. По этой причине к результатам, полученным с помощью детектора лжи, нужно относиться с должной мерой критичности.

2.2.7. Интерпретация показателей

Особого внимания заслуживает вопрос о том, какое значение экспериментатор придает каждому из используемых им показателей. В принципе физиологические показатели могут выполнять две основные роли: целевую (смысловую) и служебную (вспомогательную). Например, при изучении биотоков мозга в процессе умственной деятельности целесообразно параллельно регистрировать движения глаз, мышечное напряжение и некоторые другие показатели. Причем в контексте такой работы только показатели биотоков мозга несут смысловую нагрузку, связанную с данной задачей. Остальные показатели служат для контроля артефактов и качества регистрации биотоков (регистрация глазных движений), контроля эмоциональных состояний испытуемого (регистрация КГР), поскольку хорошо известно, что глазные движения и эмоциональное напряжение могут привносить помехи и искажать картину биотоков, особенно когда испытуемый решает какую-либо задачу. В то же время в другом исследовании ре-

гистрация и глазных движений, и КГР может играть смысловую, а не служебную роль (например, когда предмет исследования — стратегия визуального поиска или изучение физиологических механизмов эмоциональной сферы человека).

Таким образом, один и тот же физиологический показатель может быть использован для решения разных задач. Другими словами, специфика использования показателя определяется не только его собственными функциональными возможностями, но также и тем психологическим контекстом, в который он включается. Хорошее знание природы и возможностей используемых физиологических показателей — важный фактор организации психофизиологического эксперимента.

Часть 2. ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ ПСИХИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ И ПРОЦЕССОВ

Глава 3. ОЩУЩЕНИЕ И ВОСПРИЯТИЕ

3.1. Ощущение

Информация об окружающем мире воспринимается человеком через органы чувств (или сенсорные системы). Процессы, происходящие в сенсорных системах, являются физиологической основой отдельных ощущений — субъективных эквивалентов элементарных признаков.

Сколько у нас органов чувств? И достаточно ли их, чтобы обеспечить нашему организму получение всей необходимой информации как о событиях внешнего мира, так и о состоянии внутренней среды? С некоторой степенью условности, учитывая анатомическое единство и общность функций, в современной физиологии, по И.П. Павлову, различают восемь анализаторов: зрительный, слуховой, вестибулярный (или статокINETический), вкусовой, обонятельный, кожный, двигательный (дающий ощущения о работе опорно-двигательного аппарата, т.е. кинестетический), висцеральный (анализатор внутренних органов, или интероцептивный).

Достаточно ли людям этих органов чувств? Ведь у различных представителей животного мира можно обнаружить анализаторы, которых у человека нет. Например, многие рыбы способны воспринимать напряжение магнитного поля, летучие мыши ориентируются благодаря способности реагировать на ультразвуки. И эти примеры не исключительны. Поэтому ответ на поставленный вопрос можно найти только с учетом эволюции животного мира и тех воздействий, которые имели *биологическую значимость*, т.е. сигнализировали о пище, опасности, своих собратьях и т.п. Если мы обратимся к нашим органам чувств именно с такой точки зрения, то станет очевидным, что они воспринимают раздражители, которые являются признаками био-

логически важных для человека явлений и предметов, и притом не только внешней среды, но и внутренней.

Вместе с тем приходится учитывать и то обстоятельство, что на самых последних этапах эволюции (ничтожных по своей длительности по сравнению со всей историей развития животного мира) появились связанные с техническим прогрессом факторы, которые, несомненно, биологически значимы, однако для их восприятия нет соответствующих органов чувств (например, ионизирующее излучение, электромагнитные поля сверхвысоких частот и др.). И в этом особая опасность таких воздействий, так как человек непосредственно не способен их ощутить, а начинает чувствовать только их опосредованные (нередко опасные для здоровья) последствия.

Но люди не обречены на узость представлений о мире в результате ограниченных возможностей своих органов чувств. Такая ограниченность компенсируется высоким уровнем развития конечного мозга, особенно ассоциативных зон коры больших полушарий. Человек создал различные технические приспособления, которые позволяют «видеть» инфракрасное излучение, «слышать» ультразвуки и радиоволны, «ощущать» ионизирующее излучение, ориентироваться в невесомости.

Все сенсорные системы выполняют одни и те же функции: приема, передачи и анализа поступающей в организм информации о процессах и явлениях, имеющих место во внешней среде и внутри самого организма. Это весьма сложный процесс, в котором можно выделить несколько основных этапов:

- 1) возбуждение рецепторов в ответ на действие адекватного раздражителя (формирование рецепторного потенциала);
- 2) передача нервного возбуждения от рецепторов в высшие отделы ЦНС;
- 3) анализ поступающего сигнала в центральных отделах анализатора и выделение из него биологически значимой информации;
- 4) формирование субъективного образа, адекватного действующему раздражителю;
- 5) опознание, классификация, идентификация стимула, принятие решения и формирование ответной реакции организма на данный раздражитель (стимульную ситуацию).

3.1.1. Принципы организации сенсорных систем

Поскольку все анализаторы выполняют одинаковые функции, то, несмотря на определенные различия в строении, все они должны быть построены на основе одних и тех же принципов.

Можно выделить следующие основные принципы организации сенсорных систем: многоэтажности (многоуровневости) и многоканальности; конвергенции и дивергенции; положительной и отрицательной обратной связи; двусторонней симметрии.

Принцип многоэтажности и многоканальности. Согласно представлениям И.П. Павлова, любой анализатор состоит из трех звеньев: рецептора, кондуктора (проводника) и коркового представительства анализатора. Такое представление в принципе верно, если рассматривать среднее и высшее звенья этой схемы как сложно устроенные, многокомпонентные системы. Учитывая это обстоятельство, современная сенсорная физиология рассматривает любой анализатор не как трехкомпонентную структуру (рецептор – проводник – корковый отдел анализатора), а как сложную систему, состоящую из большого числа следующих друг за другом звеньев. В связи с этим в эволюционном ряду позвоночных наблюдается четкая закономерность: чем выше стоит животное по своему эволюционному развитию, тем сложнее устроены его сенсорные системы в плане увеличения числа промежуточных звеньев, промежуточных «станций» переработки информации.

Каков же биологический смысл подобной конструкции со множеством промежуточных звеньев, переключений нервных волокон на пути от периферии к центру? Многозвенные нейронные цепи обуславливают, очевидно, поэтапную переработку информации на каждом из промежуточных «этажей». При этом на каждом этапе, в каждом промежуточном звене происходит переработка каких-либо отдельных сторон информации, отдельных параметров информативного сигнала (например, для слуховой системы это громкость, высота тона, длительность звука, изменения амплитуды и частоты во времени и т.д.).

Принцип многоэтажности в структуре анализаторов тесно связан с *принципом многоканальности* проведения информации. В про-

цессе эволюции наряду с формированием большого количества уровней переработки информации формируется большое число каналов для ее передачи. Как правило, разные каналы не дублируют друг друга, а служат для передачи информации о различных свойствах и качествах действующего объекта. Это подтверждается тем, что при экспериментальном разрушении у животных структур мозга, принадлежащих разным каналам, наблюдаются принципиально разные расстройства сенсорных функций. Так, при разрушении наружного коленчатого тела у животного наступает полная и необратимая слепота; при разрушении подушки зрительного бугра эта слепота скорее не физическая, а психическая — неузнавание предметов, нарушение зрительной памяти; разрушение переднего двухолмия вызывает нарушение способности воспринимать движение предметов и т.д.

На наиболее высоких уровнях сенсорных систем, как правило, обособляются специфические (проекционные), ассоциативные и неспецифические каналы передачи информации. По специфическим каналам передаются сведения о физических параметрах стимула, по ассоциативным — сведения о его биологической значимости. Наконец, неспецифические пути служат для активации, поддержания тонуса и своеобразной настройки центральных звеньев анализатора на восприятие той или иной информации. Естественно, что эти каналы связаны морфологически и функционально с различными структурами мозга.

Принцип конвергенции и дивергенции. В конструкции сенсорных систем не соблюдается линейная связь между нейронами нижележащих и вышележащих уровней. Как правило, каждый нейрон получает импульсы от аксонных терминалей десятков и сотен нейронов нижележащего уровня (конвергенция) и сам, в свою очередь, посылает разветвления своего аксона к десяткам и сотням нейронов вышележащего уровня (дивергенция). Конвергенция и дивергенция неотделимы друг от друга и наблюдаются на всех уровнях сенсорных систем. В то же время на разных «этажах» может отмечаться преобладание того или иного принципа. Принцип конвергенции и дивергенции обуславливает, с одной стороны, точную связь однозначных элементов на всех уровнях сенсорной системы, а с другой — широкое взаимодействие между всеми элементами каждого уровня.

Если представить себе, что конвергенция и дивергенция в равной мере проявляют себя на всех уровнях сенсорной системы, то любую сенсорную систему можно представить в виде диффузной решетки, где каждый нейрон высшего уровня связан, в конечном счете, с каждым рецепторным окончанием, и наоборот. На самом же деле подобная диффузная решетка имеет место лишь у наиболее примитивных позвоночных. В эволюционном ряду с усложнением структуры анализаторов (особенно ярко это проявляется у млекопитающих) отмечается обособление прямых проекционных (по принципу «из точки в точку») и перекрестных путей (по принципу конвергенционно-дивергенционных связей). Как правило, у высших млекопитающих прямые межнейронные связи характерны для проекционных (первичных) областей мозга, а перекрестные — для ассоциативных (вторичных) зон коры.

Принцип обратной связи. Деятельность сенсорной системы должна рассматриваться не как пассивное кодирование любого раздражения в импульсную сигнализацию, а как процесс активного восприятия и обработки наиболее биологически важной информации. Сенсорную систему необходимо рассматривать не просто как пассивный канал линии связи, а как активный «сигнализатор». Каждый уровень сенсорной системы работает на основе минимум двух входов: входа информации (восходящий путь) и входа управления (нисходящий путь).

Наличие нисходящих связей к различным образованиям сенсорной системы говорит о том, что на их работу влияют вышерасположенные отделы многих мозговых структур. Благодаря деятельности нисходящих связей обеспечивается регуляция пороговой чувствительности и пропускной способности в сенсорных системах: избирательно «фильтруется» биологически значимая информация и блокируется избыточная информация, не представляющая в данный момент жизненной значимости для организма.

Направленность нисходящих влияний определяется доминирующей потребностью при использовании аппаратов памяти. Имеющиеся данные свидетельствуют о тормозном значении обратных связей. Это становится понятным, если принять во внимание чрезвычайно высокую (можно сказать, критическую) чувствительность рецеп-

торных образований сенсорных систем. Именно на этих уровнях сенсорных систем начинается процесс активного восприятия и обработки сигналов.

Принцип двусторонней симметрии. У человека рецепторные аппараты и соответствующие им центральные структуры всегда парные, одна половина зеркально повторяет другую: две сетчатки глаза, два органа Корти, два вестибулярных аппарата, две пары областей обонятельного эпителия и т.д. И даже такой, казалось бы, абсолютно непарный орган, как язык, иннервируется парами веточек черепно-мозговых нервов и посылает информацию как в правую, так и в левую половины мозга.

Тем не менее принцип двусторонней симметрии проявляется лишь в относительной степени, так как часто даже первичный афферентный путь от рецепторов может быть связан с обеими половинами мозга. Для большинства сенсорных систем характерно, что рецепторы, расположенные на одной стороне тела, связаны преимущественно с противоположной (контралатеральной) стороной центрального отдела анализатора. Это происходит вследствие того, что афферентные пути (или, по крайней мере, большая их часть) переходят на противоположную сторону (главным образом на уровне продолговатого мозга). Биологический смысл этого перекреста не вполне понятен. Кроме того, между симметричными отделами часты горизонтальные комиссуральные связи, обеспечивающие их объединение для выполнения целостной функции на основе обмена сенсорной информацией.

С принципом двусторонней симметрии в конструкции сенсорных систем тесно связан принцип парности в работе больших полушарий головного мозга. Основным механизмом парной деятельности сенсорной системы является механизм *функциональной асимметрии* при действии различным образом локализованных в пространстве объектов. Парная деятельность сенсорных систем заключается в сравнении пространственной модели ранее действовавшего стимула с новой пространственной локализацией того же стимула. Межполушарная асимметрия в пределах одной сенсорной системы функционирует как саморегулирующаяся система с обратной тормозной связью, осуществляя функцию своеобразного компаратора, выполняющего сравнение рисунков возбуждения при раздражении симметричных

рецепторов. Система каллозальных связей между ассоциативными полями обеспечивает тесное единство обеих половин ассоциативной системы и создает высокую надежность ее функционирования.

3.1.2. Прием, кодирование и передача информации

Преобразование сигнала на уровне рецепторов. Взаимодействие организма с внешней средой осуществляется с помощью рецепторов — периферических структур любой сенсорной системы. Рецепторами называют высокоспециализированные клетки, осуществляющие прием и кодирование поступающей сенсорной информации. Под кодированием здесь понимается преобразование энергии раздражителя в энергию нервного импульса.

Рецепторы по своему строению и функционированию довольно разнообразны. Существует несколько классификаций рецепторов, в основе которых лежат разные критерии: модальность (зрительные, слуховые, тактильные и т.д.); местоположение в организме (интеро-, экстеро- и проприоцепторы); характер взаимодействия с внешней средой (контактные и дистантные); тип энергии адекватного раздражителя (фото-, хемо-, механо-, терморецепторы); происхождение (первично- и вторичночувствующие); способ реагирования (фазические и тонические). У некоторых представителей животного мира имеются электрорецепторы (рецепторные органы системы боковой линии рыб). Иногда выделяют и болевые рецепторы (ноцицепторы), хотя по этому поводу нет единства взглядов.

В зависимости от того, способен ли рецептор реагировать только на один вид энергии или он может возбуждаться при действии разных стимулов, их делят на мономодальные и полимодальные соответственно. Однако для полимодальных рецепторов чувствительность к адекватному стимулу на несколько (6 — 12) порядков выше, чем к неадекватному.

Рецепторы обладают чрезвычайно высокой избирательной чувствительностью к адекватному раздражителю. Абсолютная чувствительность рецепторов буквально поражает наше воображение. Так, например, фоторецептор генерирует рецепторный потенциал при падении на него всего лишь одного кванта света; обонятельная клетка

возбуждается при взаимодействии с одной-единственной молекулой пахучего вещества; слуховые рецепторы способны улавливать колебания среды, длина волны которых сопоставима с диаметром атома водорода. Благодаря высокой чувствительности рецепторы выполняют *функцию обнаружения* сенсорного стимула даже в том случае, когда интенсивность его чрезвычайно мала. Поскольку все вопросы, связанные со строением и функционированием органов чувств, подробно рассматриваются в курсе физиологии сенсорных систем, то здесь мы ограничимся лишь их кратким описанием.

При взаимодействии раздражителя с рецептором в последнем возникает *рецепторный потенциал*. Это сложный процесс, связанный с активацией клеточных ферментов и, как следствие, с изменением состояния мембраны. Рецепторный потенциал, как известно, имеет электрическую природу. Таким образом, на уровне рецепторов осуществляется преобразование энергии сенсорного стимула в электрическую энергию, т.е. кодирование информации о действующем раздражителе. Своеобразной и очень важной особенностью рецепторного потенциала, отличающей его от потенциалов действия, является четкая количественная зависимость его амплитуды от интенсивности раздражителя. Чем больше сила раздражителя, тем выше амплитуда рецепторного потенциала. Впрочем, зависимость здесь не линейная, а логарифмическая. В самом простом виде она может быть выражена следующим образом: $A = k \log I$, где A — амплитуда рецепторного потенциала; I — интенсивность раздражителя. Таким образом, именно в этой части афферентной системы происходит логарифмическое преобразование сигнала, т.е. переход на гораздо более экономный код, позволяющий при помощи сравнительно небольших изменений биологического сигнала передавать информацию о диапазоне изменений 9—12 порядков, возможных в естественных условиях.

Помимо модальности и интенсивности стимулы обладают временными характеристиками, такими как начало, продолжительность и конец их воздействия. Эти параметры также кодируются на уровне рецепторов. Те из них, которые генерируют рецепторный потенциал на начало или конец действия раздражителя, обозначают как *фазические*, или быстро адаптирующиеся (например, механорецепторы кожи). А те, которые оказываются возбужденными на протяжении всего

действия раздражителя, получили название *тонических*. Это неадаптирующиеся или медленно адаптирующиеся рецепторы (например, суставные рецепторы).

Таким образом, на уровне рецепторов кодируется информация о качестве раздражителя (благодаря их высокой избирательной чувствительности), его интенсивности (амплитуда рецепторного потенциала) и временных параметрах (за счет фазических и тонических реакций).

Кодирование информации в проводящих путях и центрах сенсорной системы. Рецепторный потенциал является первым звеном в цепи последующих событий, развивающихся в афферентной системе. В специализированных рецепторных клетках этот потенциал обуславливает выделение в синапс *медиатора* — вещества, которое обеспечивает передачу возбуждения химическим путем. Такой способ передачи в человеческом организме является практически повсеместным.

Между количеством и скоростью выделения медиатора, с одной стороны, и параметрами рецепторного потенциала (его амплитудой и длительностью) — с другой, имеется строгая количественная зависимость. Чем выше амплитуда и больше длительность рецепторного потенциала, тем больше медиатора выделяется в синаптическую щель. Благодаря этому информация о раздражителе, которая закодирована параметрами рецепторного потенциала, перекодируется в параметры выделения медиатора.

В результате воздействия этого химического передатчика на постсинаптическую мембрану возникает так называемый *генераторный потенциал*, представляющий собой разновидность постсинаптического потенциала. Но очень существенным является то обстоятельство, что между амплитудой и длительностью генераторного потенциала, с одной стороны, и количеством и скоростью выделения медиатора — с другой, существует однозначная количественная зависимость. Это и составляет на данном этапе механизм перекодирования и передачи информации о параметрах адекватного раздражителя. В рецепторах, представленных свободными или инкапсулированными нервными окончаниями, синапс на периферии афферентной системы,

как уже отмечалось, отсутствует, в этом случае рецепторный потенциал выполняет функции и генераторного.

На следующем этапе передачи возбуждения (а это и означает передачу информации) возникает *нервный импульс, или потенциал действия*. Он обладает своеобразными признаками, и передача информации при помощи его осуществляется уже в соответствии со своими закономерностями. Особенностью пикового потенциала действия является его свойство возникать по закону «*все или ничего*». Это означает, что такой потенциал или возникает с вполне определенной и постоянной амплитудой, или вовсе не развивается. Проявление закона «все или ничего» означает, что потенциал действия возникает только по достижении постсинаптическим потенциалом какой-то определенной величины. При дальнейшем возрастании энергии воздействия амплитуда пикового потенциала действия остается неизменной.

Это может вызвать вопрос: а каким же образом тогда при помощи нервных импульсов может кодироваться информация? В данном случае начинает проявляться закономерность иного рода: количество одинаковых потенциалов действия зависит от интенсивности воздействия. Другими словами, чем выше амплитуда постсинаптического потенциала, тем больше частота нервных импульсов. Рассматриваемый нами потенциал распространяется вдоль нервного волокна, не затухая, т.е. сохраняя свою амплитуду.

Чтобы лучше понять процессы кодирования и перекодирования на разных уровнях сенсорной системы, обратимся к рис. 1 (*Шостак, Косенков, 2001*).

Представим воздействие трех раздражителей (Р), весьма существенно различающихся по своей интенсивности (1, 10 и 100 условных единиц). На рис. 1 это показано в логарифмическом масштабе. Как уже отмечалось ранее, на уровне рецептора происходит логарифмическое преобразование сигнала, т.е. амплитуда рецепторного потенциала (РП) прямо пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя. Но на уровне нейронов (Н) эта ситуация значительно разнообразнее. Прежде всего следует заметить, что ряд нейронов вне воздействия раздражителя не генерирует потенциалы действия. Их называют «молчащими» нейронами (на рис. 1 это Н1, Н2 и Н3). Од-

нако значительная часть нейронов обладают «самопроизвольной», или спонтанной, активностью, т.е. генерируют нервные импульсы даже вне воздействия раздражителей.

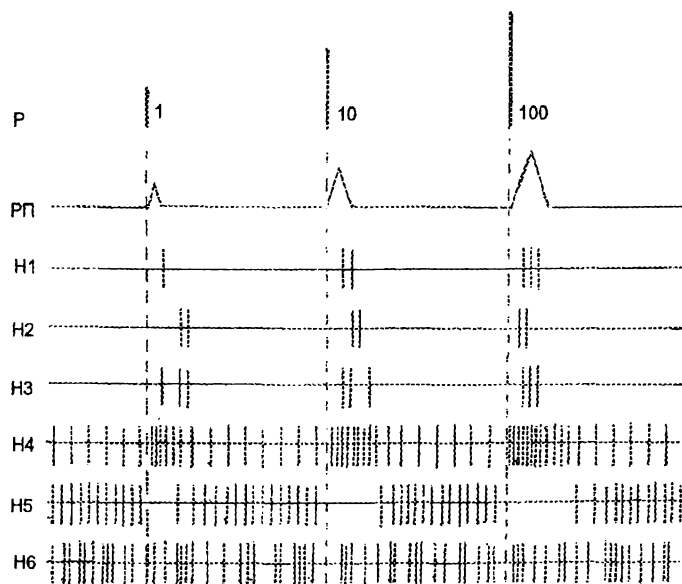


Рис.1. Кодирование интенсивности стимула разными типами нейронов

Условно и несколько упрощенно можно выделить шесть вариантов реагирования, т.е. кодирования информации нейронами (нервные импульсы показаны вертикальными штрихами):

- N1 — «молчащий» нейрон. Информация об интенсивности кодируется количеством нервных импульсов в ответе;
- N2 — «молчащий» нейрон. Информация кодируется величиной латентного, или скрытого, периода, т.е. времени от момента воздействия раздражителя до появления нервного импульса (от лат. *latens* — скрытый, невидимый). Как правило, усиление раздражителя приводит к укорочению латентного периода;

- Н3 — «молчащий» нейрон. При увеличении интенсивности стимула происходит изменение распределения нервных импульсов в ответе нейрона;

- Н4 — нейрон, обладающий относительно низкочастотной ритмической спонтанной активностью. Информация кодируется временным возрастанием частоты, и тем длительнее, чем сильнее раздражитель;

- Н5 — нейрон, обладающий относительно высокочастотной ритмической спонтанной активностью. Информация кодируется временным прекращением или урежением активности. Чем сильнее раздражитель, тем сильнее выражена такая тормозная реакция;

- Н6 — нейрон, обладающий неритмической спонтанной активностью. Характер реакции выявляется только после соответствующей статистической обработки (вероятностное кодирование). При одиночных ответах такая закономерность визуально не определяется.

Следует отметить общую закономерность, характерную для любой сенсорной системы: на нижних уровнях системы чаще встречаются нейроны тонического типа, на высших — фазического, и чем выше уровень нейрона, тем сложнее его реакция. Как правило, такие нейроны обладают пачечным типом активности. Рисунок пачки, т.е. распределение импульсов внутри нее, отражает специфику раздражителя.

Описанные процессы представляют собой физиологическую основу ощущений. Но здесь уместно задать вопрос: каким образом одинаковые по своей природе нервные импульсы порождают разные по своим качествам ощущения? В 30-е гг. XIX в. выдающийся немецкий физиолог Иоганнес Петер Мюллер попытался ответить на этот вопрос с научных позиций той эпохи. Он сформулировал *теорию «специфических энергий»*. Суть ее сводилась к следующему. Наши ощущения не зависят от качества внешнего стимула, а обусловлены исключительно спецификой нервных элементов. Так, например, И. Мюллер полагал, что в зрительном нерве есть волокна, способные передавать информацию о красном цвете, наряду с теми, которые передают информацию о зеленом или синем цвете. Поэтому и возникают соответствующие ощущения.

С современных позиций эта теория выглядит несколько наивной, но в ней есть очень важный момент. И. Мюллер за специфичностью энергий гениально предугадал специфичность рецепторных образований, обладающих высокой избирательной чувствительностью к раздражителям. Информация от рецепторов по топическому принципу («из точки в точку») достигает тех или иных проекционных зон коры, возбуждение которых и преобразуется в определенные ощущения.

Другое важное свойство ощущений — интенсивность — также обусловлено свойствами стимула. Чем сильнее раздражитель, тем сильнее ощущения. Эта зависимость получила название *основного психофизического закона*, который чаще всего выражается в виде либо логарифмической (закон Фехнера), либо степенной функции (закон Стивенса). Подробно эти законы рассматриваются в соответствующих курсах психологии, поэтому здесь ограничимся лишь упоминанием о них.

Таким образом, механизмы функционирования и свойства анализаторов позволяют преобразовать специфическую энергию адекватного раздражителя в процесс нервного возбуждения. Распространение этого возбуждения до высших уровней центральной нервной системы приводит к формированию *ощущения*. Характер ощущения детерминирован объективными качествами раздражителя. Благодаря своим свойствам анализатор из громадного множества самых разнообразных явлений внешнего мира или внутренней среды выделяет и воспринимает только те изменения, которые являются для него адекватными. Он обладает механизмами, позволяющими оценить интенсивность раздражителя, его длительность, локализацию в пространстве, частоту следования или модуляции, сравнить его с аналогичными воздействиями.

3.2. Восприятие

Рассмотренные выше процессы являются аналитическими, и если бы все заканчивалось только ими, то окружающий мир представлялся бы нам не в виде образов, предметов, событий, явлений, а в виде какой-то какофонии звуков, мельканий обонятельных, вкусовых

ощущений и т.д., что, кстати, бывает иногда при некоторых видах очень серьезных психических заболеваний. Ощущения отражают лишь отдельные свойства и признаки предмета, явления. Но сами эти предметы обладают, как правило, различными свойствами, которые вызывают и разные ощущения. Следовательно, существуют еще *механизмы синтеза*, которые, интегрируя эти элементарные процессы, приводят к формированию образа и опознанию его.

Интеграция отдельных ощущений в единое целое является основой *восприятия*. Под восприятием, или перцепцией, принято понимать совокупность процессов, в результате которых в нашем сознании формируется идеальная (субъективная) модель окружающей нас реальной (объективной) действительности.

Восприятие является первоосновой, базой для развития *представлений*, под которыми понимают субъективные образы предметов и явлений, формирующиеся на основе их применения или продуктивного воображения. В процессе индивидуального жизненного опыта человек сталкивается с предметами одной категории, но отличающимися большим разнообразием размеров, формы, цвета и значительным количеством конкретных характеристик. Все это обеспечивает не только единичный акт восприятия, не только фиксацию в памяти этих конкретных образов, но и формирование обобщенного образа, ведущим признаком которого является его наиболее существенная, определяющая характеристика, а второстепенные детали имеют вспомогательное значение. Этот механизм и лежит в основе индивидуального опознания образа.

Степень обобщения в представлении может быть столь велика, что приводит к появлению *понятий* — абстракций, которые человеком уже не могут быть описаны как конкретный образ внешнего мира. Понятие характеризует не отдельный предмет, а целый класс предметов, объединяемых тем или иным признаком. Например, понятие «яблоко», относимое ко всему классу этих плодов, фиксирует то общее, что присуще всем яблокам независимо от их формы, цвета и других частных признаков. Чем выше степень обобщения, абстрагирования, тем больше мы удаляемся от конкретного образа.

В настоящее время существуют вполне определенные представления о конкретных нейронных механизмах, осуществляющих сенсорный анализ и построение сенсорной модели внешней среды.

3.2.1. Теории восприятия

Детекторная теория восприятия. В этой теории главным является представление о нейроне-детекторе. Нейрон-детектор — высокоспециализированная нервная клетка, способная избирательно реагировать на тот или иной признак сенсорного сигнала. Детекторы выделяют в сложном раздражителе его отдельные признаки. Такая избирательная настройка осуществляется за счет фиксированных связей детектора с рецепторами или другими нейронами. Разделение сложного сенсорного сигнала на признаки для их анализа является необходимым этапом операции опознания образов в сенсорных системах.

Наиболее детально нейроны-детекторы исследованы в зрительной системе. Речь идет в первую очередь о работах Д. Хьюбела и Т. Визела, удостоенных Нобелевской премии в 1981 г. На основе этих работ и была сформулирована детекторная теория.

Суть ее состоит в том, что нейроны с простыми рецептивными полями, являясь детекторами элементарных признаков зрительного изображения (например, ориентации линий), конвергируют на нейроны более высокого уровня, которые в результате этой конвергенции приобретают более сложные свойства. Таким образом, существует иерархия нейронов-детекторов, на верхних ступенях которой находятся детекторы наиболее сложных признаков зрительного изображения, которые получили название *гностических единиц*. Именно гностический нейрон осуществляет целостность зрительного восприятия (гештальт).

Можно в принципе считать, что, чем выше уровень афферентной системы, тем сложнее становятся выделяемые признаки. Для зрительной коры были найдены нейроны-детекторы, избирательно реагирующие на элементы фигуры, контура – линии, полосы, углы. Позже были обнаружены детекторы цвета, реакция которых зависит не от условий освещения, а лишь от цвета поверхности. Другие нейроны

зрительной коры реагируют на направление полос в поле зрения. Здесь имеются нейроны, реагирующие на движение объекта в поле зрения. Все вместе эти нейроны формируют *систему опознания объекта, или систему «что»*.

На уровне ассоциативной коры эта система представлена в *нижневисочной коре*, где происходит интеграция признаков объекта, раздельно обрабатываемых в разных зонах зрительной коры. Около 10% этой области избирательно реагируют на появление в зрительном поле рук и лица. Интересно, что в опознании рук важную роль играет положение пальцев, а при опознании лица одни нейроны активируются, когда оно обращено в фас, а другие – в профиль. Поражение этих областей может привести к заболеванию, при котором человек перестает узнавать знакомые лица.

Другая *система опознания, получившая условное название «где»*, определяет локализацию объекта в зрительном поле. В *париетальной (теменной) коре* сходятся два пути: сигналы от первичной зрительной коры и от детекторов положения глаз. У нейронов париетальной коры рецептивные поля представлены участками зрительного поля, а не участками сетчатки. Эта система, таким образом, определяет взаимное расположение всех зрительных стимулов. Повреждение данной области сопровождается промахиванием, когда пациент намерен взять предмет рукой, хотя он видит этот предмет и способен описать его форму и цвет, т.е. нарушается пространственное зрение.

Однако, как показали дальнейшие исследования, такого рода нейроны, ответственные за опознание зрительных образов, расположены за пределами коры, в миндалине. Здесь также были обнаружены детекторы, которые реагируют на лица независимо от их ракурса и ориентации, а также на лицевую экспрессию эмоций.

Таким образом, процесс зрительного восприятия не заканчивается в проекционных областях, а продолжается на более сложных уровнях ассоциативных корковых зон и в подкорковых структурах.

Описаны нейроны-детекторы и в других сенсорных системах: слуховой и соматосенсорной. В первом случае речь идет о локализации (детектировании) положения источника звука в пространстве и направления его движения; во втором — активность нейронов-детекторов связана с определением направления движения тактильно-

го стимула по коже или величиной суставного угла при изменении положения конечности.

В настоящее время имеются основания говорить не только о врожденных детекторах, но и о приобретенных в процессе индивидуальной жизнедеятельности.

Пространственно-частотная теория. Альтернативой детекторной теории Д. Хьюбела и Т. Визэла является пространственно-частотная теория переработки зрительной информации, предложенная английским исследователем Ф. Кемпбеллом и отечественным физиологом В.Д. Глезером. Нельзя однозначно утверждать, что она противоречит детекторной теории (обе концепции имеют определенные точки соприкосновения), однако во многом исходные предпосылки этих концепций различаются. Согласно пространственно-частотной теории, нейроны зрительной коры определяют две основные характеристики зрительного изображения: ориентацию стимула (полосы, решетки) и его пространственную частоту. При этом нейроны разных модулей коры «настроены» на стимулы разной пространственной ориентации, а нейроны внутри модуля — на разные пространственные частоты. По мнению В.Д. Глезера, на уровне каждого отдельного модуля 17-го поля коры осуществляется «кусочный Фурье-анализ», т.е. разложение каждого отдельного участка зрительного поля на составляющие его пространственные частоты. В совокупности же модули коры создают «мозаику» возбужденных и невозбужденных нейронов, изоморфно отображающую пространственное распределение возбужденных и заторможенных рецепторов сетчатки глаза. Нейроны вторичной и третичной зрительных областей (18-е и 19-е поля) используют информацию, поставляемую 17-м полем коры, для формирования более крупных подобразов зрительного изображения. Формирование же целостных зрительных образов, их опознание и оценка биологической значимости осуществляются в ассоциативных областях (заднетеменной, нижневисочной и лобной).

3.2.2. Электроэнцефалографические исследования восприятия

Изучение физиологических основ восприятия проводится с помощью фоновой электроэнцефалограммы, а также вызванных и событийно-связанных потенциалов, причем использование ЭЭГ имеет два разных аспекта. Первый связан с выявлением параметров ЭЭГ, имеющих отношение к кодированию стимула. Второй, более традиционный, представляет собой изучение параметров ЭЭГ отдельных зон коры или показателей их совместного взаимодействия при восприятии стимулов.

ЭЭГ-показатели восприятия. Среди ритмов ЭЭГ наибольшее внимание исследователей в этом плане привлекает альфа-ритм (8 – 12 Гц), который регистрируется преимущественно в задних отделах коры в состоянии спокойного бодрствования. Известно, что при предъявлении стимулов имеет место подавление, или блокада, альфа-ритма, причем она тянется тем дольше, чем сложнее изображение.

Существует немало предположений, касающихся роли альфа-ритма в обеспечении активности мозга как целого. Основоположник кибернетики Н. Винер и вслед за ним ряд других исследователей считали, что этот ритм отражает механизм временного сканирования («считывания») информации и тесно связан с механизмами восприятия и памяти. Действительно, по некоторым данным, биопотенциальное поле альфа-ритма связано с функцией сканирования информации в реальном времени и тем самым — с межмодальной сенсорной интеграцией в процессах восприятия и памяти. По другим представлениям, альфа-ритм связан с действием селективирующих механизмов мозга, выполняющих функцию резонансного фильтра и таким образом регулирующих поток сенсорных импульсов.

Поиск электрофизиологических показателей восприятия в параметрах альфа-ритма опирается на представление о том, что воспринимаемая человеком информация кодируется комбинациями фаз и частот периодических нейронных процессов, которые находят свое отражение в характеристиках альфа-ритма. Эти представления сформировались на основании исследований, проведенных М.Н. Ливановым, а позже А.Н. Лебедевым. Предполагается, что такая особенность

ЭЭГ, как пакет волн, создается синхронизированной когерентной активностью группы нейронов, расположенных в разных участках мозга и образующих ансамбль. Предположительно все волны одного пакета хранят информацию об одном образе или его части и при восприятии опознается только тот образ, который закодирован ритмической активностью наибольшего числа нейронов в каждый данный момент времени.

Экспериментально было показано, что значения параметров колебаний системы нейронов, оцениваемые, в частности, по расстоянию между соседними спектральными пиками внутри альфа-диапазона, могут служить аргументами уравнений, предсказывающих некоторые особенности восприятия. Например, чем больше период доминирующих колебаний в ЭЭГ человека и чем больше разнообразие воспринимаемых и ожидаемых стимулов, тем медленнее осуществляется их восприятие.

Наряду с этим проводятся исследования пространственно-временных отношений потенциалов мозга при восприятии сенсорной информации. В отличие от предыдущего этот подход учитывает два фактора: время восприятия и его мозговую организацию. Речь идет о множественной регистрации ЭЭГ из разных зон коры больших полушарий в процессе восприятия. Поскольку нейронные ансамбли, участвующие в переработке информации, распределены по разным отделам мозга, в первую очередь в коре больших полушарий, логично считать, что перцептивный акт будет сопровождаться изменением пространственного соотношения ЭЭГ. Действительно, изучение дистантной синхронизации биопотенциалов коры в ходе зрительного восприятия позволяет выявить следующее: вначале наблюдается преимущественная активация задних отделов коры обоих полушарий, затем в процесс вовлекаются передние отделы правого полушария. Узнавание связано с активным включением в процесс центральных и фронтальных зон коры.

Изменения биоэлектрической активности мозга в процессе перцептивного акта характерны для всех видов сенсорных модальностей. Однако в зависимости от вида анализатора эти изменения имеют разную пространственную картину. Как правило, на ранних этапах перцепции наибольшую активность демонстрируют проекционные зоны

(зрительная, слуховая, соматосенсорная), а на завершающих этапах в процесс включаются передние отделы коры.

Вызванный потенциал как коррелят перцептивного акта.

Наиболее адекватным инструментом изучения физиологической природы перцептивного процесса является метод регистрации вызванных или событийно-связанных потенциалов. Это обусловлено тем, что, во-первых, вызванный потенциал является реакцией мозга на внешнее раздражение, по длительности сопоставимой со временем перцептивного акта; во-вторых, ВП, взятые отдельно в каждой зоне коры, имеют свои характеристики, обусловленные функциональными особенностями этой зоны. Таким образом, при предъявлении стимула любой модальности (зрительного, звукового, тактильного и др.) в разных зонах коры возникают специализированные реакции, сопоставимые по длительности с реальным психологическим процессом восприятия.

Первые исследования в этом направлении ставили своей целью соотнести конфигурацию и параметры ВП с типом стимула и выделить варианты ответов, связанных с содержанием и физическими характеристиками стимула (например, установить, дает ли мозг специфический ответ на геометрические фигуры (круг, квадрат) или определенные слова). Предпринимались даже попытки определять по конфигурации ВП, какой стимул предъявлялся испытуемому. Несмотря на положительные результаты, эти исследования не получили развития. На первый план выступил иной подход. В его основе лежали представления о том, что компонентная структура ВП отражает не конкретное содержание или признак воспринимаемого стимула, а некоторые общие последовательные операции головного мозга по обработке стимула.

Было установлено, что в конфигурации ВП можно выделять компоненты двух типов: ранние специфические (экзогенные) и поздние неспецифические (эндогенные). Обработка физических параметров стимула (сенсорный анализ) связывается с деятельностью специфических сенсорных систем и находит свое отражение преимущественно в параметрах экзогенных (ранних) компонентов ВП. В зрительной модальности эти компоненты регистрируются в интервале до 100 мс от начала ответа, в слуховой и соматосенсорной модальностях — еще раньше, в пределах 10–50 мс от начала стимуляции. Эн-

догенные (поздние) компоненты ВП, возникающие позднее и длящиеся до окончания ответа, предположительно отражают этапы более сложной обработки стимула: формирование образа, сличение его с эталонами памяти, принятие перцептивного решения.

По мнению А.М. Иваницкого, ранние компоненты ВП в интервале 0 – 100 мс связаны с оценкой физических параметров стимула, в среднелатентных компонентах в интервале 100 – 200 мс находят отражение процессы синтеза текущей сенсорной информации с содержанием памяти, а в поздних компонентах ВП отражается когнитивная оценка стимула как такового. Изложенные выше представления объяснимы с помощью *последовательной модели* переработки информации, согласно которой каждая стадия перцептивного процесса наступает не ранее, чем реализуется предыдущая.

Помимо последовательной модели были предложены параллельная и циклическая модели переработки информации.

В основе *параллельной модели* лежит представление о существовании в зрительной системе нескольких параллельно работающих подсистем, в которых переработка информации о разных признаках стимула происходит независимо (например, по одному каналу осуществляется описание формы объекта, по другому — контраста, цвета и т.д.). Согласно этой логике, компоненты ВП рассматриваются как показатели включения разных каналов.

Таким образом, главное отличие параллельной модели от последовательной заключается в том, что отдельные компоненты рассматриваются не как маркеры реализации конкретных стадий обработки информации, а как маркеры включения разных каналов обработки информации.

Циклическая модель предполагает, что в перцептивном процессе могут существовать отдельные и независимые перцептивные циклы с разной внутренней структурой и продолжительностью отдельных стадий. При циклической обработке информации, по-видимому, происходит повторное активирование одних и тех же нейронных популяций. Переработка информации при этом обеспечивается не только однократными специфическими реакциями нейронов, но и их повторным вовлечением в физический процесс.

При трудной перцептивной задаче правильное опознание с большей вероятностью происходит на поздних этапах переработки

информации. По мере привыкания возрастает вероятность опознания сигнала на более ранних фазах переработки. Таким образом, в одном и том же интервале времени после предъявления одних и тех же стимулов могут возникать различающиеся по числу компонентов и конфигурации ВП. И наоборот, внешне одни и те же компоненты ВП могут соответствовать разным стадиям обработки стимула.

3.2.3. Искажение восприятия

Воспринимаемые нами образы не всегда отражают реальную действительность. Проявлением этого служат иллюзии и галлюцинации.

Иллюзии (от лат. *illusio* – ошибка, заблуждение) – неадекватное отражение воспринимаемого предмета и его свойств. Причиной появления иллюзий могут быть своеобразные условия восприятия, приводящие к искажению образа (миражи), необычное сочетание элементов окружающей среды, своеобразное психическое состояние человека (страх, ожидание чего-нибудь и др.). Интересным является тот факт, что иллюзии свойственны и животным, что было обнаружено в эксперименте. Все это говорит о том, что существует какой-то общий фактор, лежащий в основе иллюзий.

Галлюцинации (от лат. *hallucinatio* – бред, видения) – это уже болезненное нарушение восприятия, имеющее отношение к психиатрическим проблемам. В таких случаях субъективный образ никак не связан с объектами внешнего мира. Галлюцинации бывают зрительными или слуховыми либо включают в себя другие ощущения, например осязание или обоняние. Галлюцинации могут быть социально детерминированы, и случается, что много людей рассказывают, что они были «очевидцами» событий, которые в действительности никогда не происходили.

Галлюцинации, по-видимому, отражают спонтанную активность нервной системы, когда эта активность не контролируется сенсорной информацией. Предполагается, что мозг всегда спонтанно активен, но эта активность в нормальном состоянии находится под контролем сенсорных сигналов. Когда сенсорные сигналы отключаются (при приеме некоторых препаратов, при помещении в изолированную ка-

меру, при некоторых формах шизофрении), активность мозга может стать бесконтрольной и продуцировать фантастические образы, которые могут доминировать над реальными впечатлениями.

Глава 4. ВНИМАНИЕ

Когда одна совокупность раздражителей вызывает реакции и исключает действие всех остальных сигналов, мы приписываем эту избирательность *вниманию*.

Появление нового направления в прикладной психологии – исследование деятельности человека-оператора, следящего за сигналами на экране, цифровыми шкалами, пультом управления, – в период Второй мировой войны и сразу после ее окончания стимулировало пробуждение интереса к вниманию.

Интерес к вниманию усилился с возникновением новых направлений в науке: когнитивной психологии и психофизиологии. Внимание интенсивно изучается в связи с выявлением факторов, влияющих на эффективность деятельности человека, включая его обучение.

Во многом современное представление о внимании и его функциях соответствует положениям, интуитивно выдвинутым более 100 лет назад Уильямом Джеймсом.

В настоящее время существует несколько определений внимания. Согласно психологическому словарю, «внимание – общий термин, употребляющийся в отношении аспектов избирательного восприятия, проявляющихся в том, что в любой момент организм сосредоточивается на конкретных признаках окружающей среды при (относительном) отвлечении от других» (Большой толковый психологический словарь, 2000, т. 1, с. 140).

Несмотря на то что во всех существующих формулировках внимание в явной или неявной форме определяется через избирательность, или селективность, общепринятого определения внимания к настоящему времени в психологии не существует.

4.1. Характеристики и виды внимания

К *характеристикам* внимания относят его селективность, объем, устойчивость, возможность распределения и переключения. Се-

лективность, или *избирательность*, внимания характеризует его направленность на любой аспект стимула: на его физическую или лингвистическую характеристику. Поэтому внимание может характеризоваться либо узкой, либо широкой настройкой селективности. Под влиянием стресса фокус внимания обычно сужается. *Объем внимания* измеряется количеством одновременно отчетливо осознаваемых объектов и характеризует ресурсы внимания человека. Объем внимания близок объему кратковременной памяти и составляет 7 – 9 стимулов, или элементов. *Распределение внимания* предполагает распределение его ограниченных ресурсов для одновременного выполнения двух или более заданий. Оно часто измеряется в экспериментах с дихотическим прослушиванием. *Устойчивость внимания* определяется по длительности выполнения задания, требующего непрерывного внимания. Под *переключением внимания* понимается возможность более или менее легкого перехода от одного вида деятельности к другому.

Психологи выделяют три вида внимания. *Произвольное*, или *активное*, внимание характеризуется направленностью субъекта на сознательно выбранную цель. Произвольное внимание относится к контролируемым и осознаваемым процессам. Оно обладает ограниченной пропускной способностью и поэтому обеспечивает не параллельную, а последовательную обработку информации. Непременной характеристикой произвольного внимания является усилие, направленное на выделение и обработку той информации, которая диктуется целью, задачей, в частности, содержащейся в инструкции.

Текущие побуждения, намерения (мотивация) определяют направленность произвольного внимания и потребляют соответствующие энергетические ресурсы.

Описанные выше характеристики внимания в основном рассмотрены на примерах произвольного внимания. Однако существует форма и *пассивного*, или *непроизвольного*, внимания. Оно относится к феномену переключения внимания, инициируемого предметом, на который ранее не обращалось внимание. У. Джеймс отметил, что внимание может переключаться автоматически на стимул как таковой либо на такие его свойства, как неожиданность, высокая интенсивность или семантические («производные») признаки. Непроизвольное внимание выражается в переключении внимания на неожиданное из-

менение физических, временных, пространственных характеристик стимулов или на появление значимых сигналов.

Третий вид внимания называется *постпроизвольным вниманием*, которое появляется в процессе освоения деятельности и увлеченности выполняемой работой. Оно не требует усилий воли, так как поддерживается интересом к осуществляемой деятельности.

Непроизвольное внимание оперирует только в настоящем времени, тогда как произвольное внимание может быть обращено как в прошлое, так и в будущее. Например, мы можем направить свое внимание на след в эхоической памяти, т.е. на те стимулы, которые звучали несколько секунд назад. Примером внимания, направленного в будущее, является антиципирующее внимание, когда человек ожидает появления определенного сигнала, события, на которое он должен отвечать некоторой реакцией.

4.2. Теории внимания

Изучение физиологических механизмов внимания осуществляется на разных уровнях, начиная с клеточного (нейронного) и кончая системным. Хотя все они касаются работы мозга, обуславливающей феномен внимания, но в одних теориях в большей степени присутствует элемент моделирования, в основу других положены строгие эмпирические данные. На этом основании все теории внимания условно можно разделить на психологические и физиологические.

4.2.1. Психологические теории

Большинство психологических теорий основываются на представлении о механизме фильтрации поступающей информации. Общая идея этих теорий заключается в том, что на пути прохождения нервных импульсов от рецепторов, подвергшихся воздействию внешних раздражителей, до коры имеет место механизм (фильтр), подобный «воронке Шеррингтона», в которой большое количество афферентных влияний конкурируют между собой за «общее двигательное поле». Теории фильтра пытаются объяснить избирательность, селективность внимания. В свою очередь, они делятся на *теории раннего и*

позднего селективного внимания. Различия между ними заключаются в следующем. Теории раннего селективного внимания предполагают минимум автоматичности при обработке информации по сравнению с теориями поздней селекции. Большинство теорий раннего селективного внимания признают почти полную обработку физических характеристик стимулов нерелевантного входа. Обработка физических признаков осуществляется автоматически. При этом категорически отвергается возможность автоматической семантической обработки. Теории позднего селективного внимания предполагают, что даже семантическая обработка происходит автоматически и что роль внимания сводится к выбору входа для осознания, запоминания и соответствующего реагирования.

Одной из первых теорий раннего селективного внимания явилась *теория фильтрации* Д.Е. Бродбента, сформулированная в 1958 г.

Согласно этой теории сначала все стимулы сохраняются и анализируются параллельно с точки зрения их физических признаков. На этой стадии следует обработка высокого уровня, которой подвергается лишь часть стимулов, прошедших через фильтр. Эта более поздняя система обработки ограничена по возможностям и работает последовательно. Другими словами, нервная система, несмотря на множество входов, в какой-то степени функционирует как одиночный коммуникационный канал с ограниченными возможностями. Именно поэтому на входах канала осуществляется операция селекции. Селективный фильтр может быть настроен на принятие желаемой информации, вероятность выбора которой усиливается определенными свойствами самих событий и определенным состоянием организма. Для всей остальной информации фильтр блокирует входы. Эта невостребованная информация какое-то время хранится в блоке кратковременного хранения, затем стирается, не оказывая дальнейшего влияния на поведение.

В конце 50-х — 60-е гг. прошлого века было получено большое количество данных, свидетельствовавших о том, что имеет место обработка информации игнорируемого канала в большей степени, чем это предполагал Д.Е. Бродбент. Например, испытуемый иногда отвечал на его имя или другой значимый стимул из игнорируемого сообщения.

Этот прорыв через преграду невнимания привел к модификации теории фильтрации Д.Е. Бродбента, разработанной А.М. Трейсмэн. Данная теория фильтрации предполагала, что фильтр лишь сокращает количество информации путем отсечения игнорируемого канала, но эта информация может иногда активировать высшие центры «ментального словаря». Операция выделения является произвольной и неосознаваемой.

Прорыв через преграду невнимания, наблюдавшийся в некоторых экспериментах, привел к формированию точки зрения об обработке информации игнорируемого канала, отражаемой *теориями поздней селекции внимания*. Дж. Дейтч и Д. Дейтч предположили, что перцептивная обработка на семантическом уровне происходит полностью автоматически и независимо от селективного внимания; роль же внимания сводится лишь к контролю за тем, достигнет стимул сознания, памяти или нет и вызовет ли он реакцию.

В настоящее время противостояние между теориями ранней и поздней селекции продолжается.

Таким образом, сторонники теорий ранней и поздней селекции единодушны в признании наличия сужающейся воронки, после которой возможности параллельной обработки ограничены; вопрос лишь в том, когда именно наблюдается это сужение воронки.

С другой стороны, многие наблюдения свидетельствуют в пользу отсутствия единой центральной воронки. Согласно таким исследованиям, необходимость в ранней селекции возникает лишь тогда, когда конкурентные виды деятельности задействуют одни и те же мозговые механизмы или ресурсы.

Теории ресурсов возникли сравнительно недавно, в середине 80-х гг. XX в. Они достаточно убедительно объясняют поведение человека в ситуации двойных заданий, т.е. распределения внимания. Основная идея теорий ресурсов может быть проиллюстрирована путем их сопоставления с противостоящими им теориями. Так, теории ранней и поздней селекции — это типичные структурные теории, которые предполагают, что ограниченная в своих возможностях часть системы выполняет лишь одно задание одновременно. В обеих теориях предполагается наличие фиксированной системы сужающейся воронки, ограничивающей возможности. Теории ресурсов, напротив,

утверждают возможность распределения ресурсов между двумя заданиями, выполняемыми одновременно.

Выделяют три основных типа теорий ресурсов:

- *Теория недифференцированных ресурсов* ориентируется на единый резервуар недифференцированных ресурсов, равно доступных на всех стадиях обработки и выполнения ментальных операций. Но она не в состоянии объяснить множество данных, доказывающих важность «структурной удаленности» между двумя заданиями для результативности их параллельного выполнения. Иначе говоря, остается неясным, почему человек не может одновременно эффективно выполнять два сходных задания, которые задействуют одни и те же структуры.

- *Теория Д. Канемана* предполагает наличие единого недифференцированного источника ресурсов. Функция распределения приписывается лишь высшему уровню обработки информации.

- *Теория множественных ресурсов* предполагает наличие специфических изолированных ресурсов, разделяемых между двумя заданиями и гибко распределяемых в различных пропорциях.

4.2.2. Физиологические теории

Пожалуй, первой теорией, объясняющей внимание с физиологических позиций, была *теория Д. Хэбба* (50-е гг. XX в.). Согласно этой теории, воспринимаемый образ – это пространственно-временная совокупность разряжающихся нейронов. *Центральное облегчение* этой группы приводит к тому, что сенсорный сигнал, вероятнее всего, вызовет ее разряд, а не другой группы нейронов. Таким образом, облегчение — это и есть внимание. Но здесь возникает вопрос: что именно вызывает облегчение одной группы и торможение других групп нейронов?

Идея фильтра оказалась столь плодотворной, что была взята за основу исследований нейро- и психофизиологов. Все экспериментальные физиологические и психофизиологические исследования направлены на изучение преобразования афферентных возбуждений, вызванных тем или иным сенсорным раздражением в ситуации привлечения к нему или отвлечения от него внимания.

Поскольку существуют морфологически выделяемые пути от рецепторов до коры головного мозга, предполагалось, что процесс фильтрации (торможения) происходит на этапах переключения этих путей в релейных ядрах.

К началу 50-х гг. XX в. Г. Мэгун и Дж. Морucci выявили свойства *ретикулярной формации* (РФ). С этого времени внимание стали отождествлять с активностью мозга, обусловленной РФ.

В середине 1950-х гг. Г. Джаспер, опираясь на экспериментальные данные, обосновал роль *неспецифического таламуса* в активации коры больших полушарий. Результаты опытов, проведенных на животных, позволили Г. Джасперу сформулировать представление о диффузно-проекторной таламической системе. Таким образом, к середине 1950-х гг. сложилось представление о неспецифической активирующей системе мозга, включающей в себя ретикулярную формацию и неспецифический таламус и обуславливающей соответственно генерализованную и локальную активацию коры, что и ассоциируется с феноменом внимания.

Эти предположения подтвердились в известных экспериментах Р. Эрнандец-Пеона. Кошке предъявлялись незнакомые звуковые щелчки, которые вызывали у нее ориентировочное поведение в виде заинтересованности ими. Дальнейшее однообразное предъявление этих щелчков приводило к угасанию внимания к ним, что сопровождалось исчезновением ориентировочного поведения (кошка засыпала).

Было выдвинуто предположение о том, что сенсорный вход блокируется ретикулярной формацией. Действительно, как показали эксперименты, стимуляция РФ приводила к уменьшению амплитуды вызванных потенциалов в кохлеарных ядрах кошки на щелчки. Таким образом, РФ способна модулировать сенсорный приток. Но здесь возникает целый ряд вопросов:

1. Амплитуда ВП может изменяться не только под влиянием РФ, но и под действием других факторов (движение головы, ушей).

2. В обычных условиях внимание оперирует не с отдельными модальностями, а с объектами. Мы можем одновременно слушать оркестр и смотреть на музыкантов, при этом не обращая внимания на кашель соседа или шляпку впереди сидящей дамы. Кошка реагирует

на запах, вид и звук, издаваемый мышью, но игнорирует стимулы тех же модальностей, исходящие из других источников. Какие элементы сетчатки должны быть заторможены, чтобы не обращать внимания на облака, когда мы гуляем за городом? Придерживаясь точки зрения Р. Эрнандец-Пеона, невозможно объяснить межмодальное внимание.

Однако Ф.Дж. Уорден, проводя аналогичные исследования, не обнаружил каких-либо закономерных изменений амплитуды ВП в слуховых путях на щелчки при угасании внимания к ним. Более того, С. Шарплес и Г. Джаспер обнаружили усиление корковой активности в ответ на звук, к которому у кошки предварительно угасили внимание. На основании подобных данных уже невозможно утверждать, что невнимание к сигналу осуществляется через блокаду афферентации где-то в проводящих путях. Было выдвинуто предположение о том, что все афферентные влияния поступают в центр. На этом предположении построена *нервная модель стимула* Е.Н. Соколова.

Учитывая тот факт, что со временем ориентировочная реакция угасает, Е.Н. Соколов предположил, что повторение стимула вызывает построение корковой *нейронной модели*, в которой зафиксированы все параметры знакомого комплекса раздражителей. Поступившая в центр от незнакомого раздражителя афферентация приводит к рассогласованию ее с нервной моделью, в результате чего формируется ориентировочное поведение, которое можно рассматривать как внимание, направленное на этот раздражитель.

В том случае, если нейронная (нервная) модель соответствует свойствам повторяющегося стимула, она ослабляет или блокирует активность ретикулярной формации. С другой стороны, при предъявлении отличного стимула афферентный поток не блокируется и центр ориентировочного рефлекса (ОР) может вновь активизироваться.

Изучение *нейронных коррелятов* ориентировочного рефлекса позволило выявить существование особого класса нейронов — *нейронов новизны*, которые были обнаружены в разных структурах мозга. Впервые нейроны новизны были найдены в зрительной покрывке лягушки. Эти клетки переставали отвечать на повторяющееся движение зрительного объекта, совершаемое в одном и том же направлении. Изменение траектории движения восстанавливало ответ нейрона в виде спайковых разрядов. Эти нейроны сходны с «нейронами внима-

ния», выделенными в слуховой коре кошки. Нейроны со сходными характеристиками были также найдены в ретикулярной формации ствола мозга кошки.

Вначале формирование нервной модели стимула Е.Н. Соколов связывал с функцией корковых нейронов. Однако после открытия О.С. Виноградовой в гиппокампе двух групп нейронов, реакции которых обнаружили характеристики ориентировочного рефлекса (В-нейроны, реагирующие возбуждением, и Т-нейроны, отвечающие на новый стимул торможением), он связал нервную модель стимула с нейронами гиппокампа. Е.Н. Соколов рассматривает эти две группы нейронов гиппокампа как *«нейроны новизны»* (В-нейроны) и *«нейроны тождества»* (Т-нейроны).

Теория ориентировочного рефлекса Е.Н.Соколова, одна из самых известных в психофизиологии, все же подвергалась критике. Например, упоминалось, что, несмотря на то что концепция нервной модели стимула может объяснить ОР на новый стимул или его изменения, она не может объяснить возникновение ОР на стимул, который не является ни новым, ни отличным. Такая ориентировочная реакция возникает на вторую цифру «7» в последовательности 12345677. Кроме того, ОР может возникнуть на сложную последовательность стимулов, где свойства стимулов постоянно изменяются таким образом, что нельзя назвать эту ситуацию появлением неожиданного или значимого стимула (например, ориентировочная реакция, возникающая на цифру «9» в последовательности 12345679 или КАГФБЧТ9, т.е. в случаях, когда не подтверждается ожидание относительно последующего стимула). Следовательно, даже когнитивные рассогласования могут вызывать ОР.

Важную роль играет и значимость стимула. Значимый и хорошо знакомый стимул даже слабой интенсивности может вызвать выраженную ориентировочную реакцию. Исследования показали, что для возникновения ОР необходимо действие факторов, составляющих 4 уровня: стимульный (модальность), уровни новизны, интенсивности и значимости. Только после обработки на 4-м уровне — уровне значимости — и развивается весь комплекс ориентировочной реакции.

4.3. Непроизвольное внимание и ориентировочный рефлекс

Непроизвольное внимание протекает автоматически и не требует специальных усилий. Его основу составляет *ориентировочный рефлекс*. Появление ОР автоматически включает произвольное внимание, которое и обеспечивает дальнейшую и контролируемую обработку стимула.

Ориентировочный рефлекс, или рефлекс «что такое?», был открыт И.П. Павловым. Он описал его как комплекс двигательных реакций, который возникает на неожиданное появление нового стимула.

Ориентировочный рефлекс для внешнего наблюдателя более заметно выражается в изменении позы, включая немедленное изменение текущего моторного поведения и одновременную ориентацию соответствующих органов чувств с целью максимизации сенсорного входа. Это выглядит как обращение внимания на стимул.

Рассматривая ориентировочный рефлекс как реакцию, направленную на восприятие нового стимула, И.П. Павлов обратил основное внимание на его тормозную, прерывающую функцию в отношении текущей условно-рефлекторной деятельности. Во время ориентировочной реакции условный рефлекс либо полностью подавлялся, либо его выполнение ухудшалось.

В дополнение к изменениям в мышцах, управляющих органами чувств, текущее моторное поведение временно блокируется, в том числе даже дыхательные движения. Общий мышечный тонус возрастает, и органы чувств становятся более чувствительными; расширение зрачков является примером, подтверждающим эти изменения. Происходят изменения электроэнцефалограммы в сторону увеличения частоты и снижения амплитуды активности, которые обобщенно оцениваются как активация. Наблюдается также ряд ответов, относимых к разряду вегетативных реакций, таких как кожно-гальваническая реакция, уменьшение частоты сердечных сокращений и определенные сосудистые реакции.

Особенно показательным является замедление сердечных сокращений, что является обратным по отношению к эффекту активации со стороны ретикулярной формации. Известно, что частота сер-

дечных сокращений снижается при активации внимания на стимул. Ф.К. Грэм и Р.К. Клифтон предложили рассматривать это снижение ЧСС в качестве важного дифференцирующего критерия для отличия ориентировочного рефлекса от оборонительного, во время которого ЧСС растёт.

КГР также является весьма показательным индексом появления ориентировочного рефлекса.

Большинство физиологических эффектов, входящих в спектр ориентировочного ответа, могут быть следствием мгновенной дополнительной активации таламической неспецифической системы и ретикулярной формации, что позволяет предполагать, что центр ОР находится в неспецифической активирующей системе мозга. Эти связанные с возбуждением процессы происходят одновременно со снижением сенсорных порогов.

Выраженная ориентировочная реакция наблюдается на стимул, первый в последовательности, но после, скажем, 5 – 20 повторений стимула ОР полностью исчезает, т.е. угасает. Однако если какой-либо из признаков повторяющегося стимула изменится, ОР возобновляется.

Таким образом, ориентировочный рефлекс включает в себя несколько компонентов. На уровне неокортекса ОР представлен *ЭЭГ-реакцией* активации (блокада альфа-ритма, усиление высокочастотных колебаний ЭЭГ), коррелирующей с ростом возбудимости, реактивности и лабильности у нейронов коры. К *вегетативным компонентам* ОР относят расширение зрачков, увеличение кожной проводимости, снижение ЧСС, изменение дыхания, рост дыхательной аритмии в частотном спектре ритмограммы сердца, расширение сосудов головы и сужение сосудов рук. В *моторной сфере* ориентировочный рефлекс, как уже отмечалось, представлен поворотом головы, движением глаз, настораживанием ушей в направлении нового стимула и увеличением мышечного тонуса, обеспечивающего повышенную готовность к моторным реакциям. Выделен *сенсорный компонент* ОР, который состоит в повышении чувствительности анализатора и может быть измерен по субъективным ответам испытуемого.

Наиболее всесторонне ориентировочный рефлекс был исследован в работах Е.Н. Соколова. Он выделил две формы ориентировоч-

ной реакции: *генерализованную* и *локальную*, которые выражают разные этапы процесса угасания ОР.

Первоначально новый стимул вызывает *генерализованный ориентировочный рефлекс*, связанный с возбуждением *ретикулярной формации* ствола мозга. Он характеризуется ЭЭГ-активацией, которая охватывает всю кору в течение достаточно длительного времени. Генерализованный ОР не приурочен к определенным свойствам стимула, вызывающего его. Он возникает при всех изменениях окружающей среды. Генерализованный рефлекс наглядно проявляется в следующих реакциях. Наблюдается сужение периферических сосудов, за счет чего происходит перераспределение кровотока в пользу сосудов мозга; задерживается дыхание, что связано с вовлечением в работу обонятельного анализатора. Происходит торможение общей двигательной активности. Одновременно осуществляется поворот головы и глаз в сторону раздражителя, что обеспечивает фиксацию предмета; зрачки расширяются, что приводит к увеличению светового потока, действующего на сетчатку. Активируется вкусовой анализатор. Генерализованный ориентировочный рефлекс быстро угасает, обычно после 10 — 15 применений индифферентного стимула.

Локальный ориентировочный рефлекс связан с проведением информации по специфическим путям. Его генерацию связывают с активацией *неспецифического таламуса*. Он приурочен к свойствам возбуждающего агента и состоит из группы адаптационных реакций. Например, в ходе длительного воздействия света соотношение реакций будет меняться следующим образом. Сначала снижается активность ретикулярной формации, с которой связан генерализованный рефлекс. Это обусловлено, во-первых, адаптацией периферических структур (сужение зрачка, уменьшение концентрации зрительного пигмента, что, в свою очередь, ослабляет действие раздражителя); во-вторых, блокированием импульсов, идущих по коллатералиям в ретикулярную формацию.

Отключение таламической системы происходит медленнее, поэтому локальный рефлекс более устойчив к угасанию. Так, при длительном действии света, когда сосудистые, кожно-гальваническая, дыхательные реакции исчезают, свет все еще вызывает снижение амплитуды альфа-ритма в зрительной коре. Это свидетельствует о со-

хранении локальной активации, вызванной неспецифическим таламусом.

Продолжая повторять стимул, можно добиться полного угасания ОР.

Ориентировочный рефлекс с полным набором компонентов возникает не у всех испытуемых, что выражает их индивидуальные различия.

Хотя ориентировочный рефлекс и относится к безусловным рефлексам, он обнаруживает способность к угасанию (так как для него специфическим стимулом является новизна, а специфической реакцией — набор компонентов ориентировочного рефлекса). Это сближает его с условным рефлексом, который является продуктом обучения. Именно поэтому угасание ОР рассматривается как особая форма обучения, получившего название *негативного обучения*, которое ведет к потере способности у данного стимула вызывать ориентировочные реакции.

Угасание ОР характеризуется высокой избирательностью к физическим характеристикам стимула. Это проявляется в том, что даже небольшое изменение любого из параметров повторяющегося стимула ведет к восстановлению ОР.

4.4. Роль различных структур мозга в обеспечении внимания

Функция внимания, как и любая другая психическая функция, обеспечивается работой распределенных нейронных систем, т.е. не связана только с какой-то конкретной областью или структурой мозга.

Как уже указывалось выше, *на уровне нейронов* функцию внимания связывают с активностью нейронов новизны и нейронов тождества, подробно описанных Е.Н. Соколовым. Нейроны новизны увеличивают свою фоновую активность при появлении незнакомого стимула или стимула с новыми характеристиками. Нейроны тождества, напротив, уменьшают свою фоновую активность при появлении новых стимулов, но увеличивают ее при появлении знакомых раздражителей.

Структурно-функциональный уровень организации внимания предполагает активность различных структур мозга, обеспечивающих разные формы внимания.

С точки зрения физиологических механизмов внимание может рассматриваться как *реакция активации*. Термин «реакция активации» был введен после открытия в 1949 г. Г. Мэгуном и Дж. Морucci в среднем мозге ретикулярной формации (неспецифической системы), регулирующей уровень активности коры больших полушарий и мозга в целом. Активация может быть локальной или генерализованной.

Локальная активация, охватывающая ограниченные зоны мозга, определяет селективный, избирательный характер внимания. В случае, когда активация становится *генерализованной* и охватывает мозг в целом, говорят об изменении *уровня активации*, или *функционального состояния*. Поведенческим выражением функционального состояния является *уровень бодрствования*.

Аппаратом, выполняющим роль регулятора уровня бодрствования, является *модулирующая система мозга*. Модулирующая система мозга представлена многими активирующими и инактивирующими структурами, находящимися в сложных взаимоотношениях друг с другом и локализованными на разных уровнях ЦНС.

Важнейшей частью модулирующей системы мозга является *ретикулярная формация*. Филогенетически ретикулярная формация мозга представляет собой наиболее древнее морфологическое образование. Еще в 1855 г. венгерским анатомом Йожефом Ленхошлеком была описана сеть из нервных клеток, находящаяся в середине ствола мозга. РФ окружена слоем сенсорных путей, которые направляют к ней множество коллатералей. Она также получает информацию и от всех двигательных структур мозга.

Функциональное назначение РФ долго оставалось неизвестным. До середины XX в. имелись лишь отдельные указания на роль РФ в регуляции функций коры и спинного мозга. Однако только электрофизиологические исследования выявили исключительную роль РФ в интегративной деятельности мозга. Это открытие было сделано в 1949 г. Г. Мэгуном и Г. Морucci. Путем стимуляции через электроды, вживленные в ствол мозга (на уровне среднего мозга), им удалось получить реакцию пробуждения спящего животного. Эту

стволовую систему мозга Г. Мэгун назвал *восходящей активирующей системой мозга*.

РФ долгое время рассматривалась как главная система активации с восходящими проекциями, облегчающими сенсорные процессы, и нисходящими путями, облегчающими моторную активность. Позже неспецифическая система активации была найдена в *таламусе*.

В 1955 г. Г. Джаспер изложил свою теорию *диффузно-проекционной таламической системы*. Теория основывалась на целом ряде экспериментальных данных, позволивших сделать вывод о том, что неспецифические ядра таламуса через линии своих проекций на кору вызывают на ЭЭГ реакцию десинхронизации — разрушение регулярной медленноволновой активности.

Таламическая неспецифическая система определяет появление в коре *локальных форм активации*. Предполагают, что ключевая роль в происхождении локальной активации принадлежит одному из ядер неспецифического таламуса — *регулярному ядру*. Принято считать, что неспецифические и специфические ядра таламуса связаны с *селективным вниманием*.

Генерализованная активация охватывает обширные зоны коры. Ее происхождение связывают с функцией РФ ствола мозга. Генерализованная активация сильная и более длительная. Функция стволотой неспецифической системы состоит в поддержании в мозге определенного функционального состояния.

РФ и неспецифический таламус связаны с фронтальной корой. Активация РФ приводит к возбуждению лобной коры, которая, в свою очередь, тормозит активность РФ. За счет такого взаимодействия поддерживается определенный уровень активации, необходимый для выполнения той или иной задачи.

Помимо РФ, неспецифического таламуса и лобной коры к активирующей системе относят и ряд других структур, в частности *гипоталамус*. Он обладает обширными и разносторонними связями с разными структурами мозга. Важной особенностью гипоталамуса является высокая проницаемость его сосудов для крупномолекулярных белковых соединений. За счет этого обеспечивается получение информации о гуморальной среде организма. Разносторонние регулирующие функции гипоталамуса реализуются гуморальным путем и

через обширные нервные связи с различными областями головного мозга.

Как часть активирующей системы мозга задний гипоталамус обуславливает поведенческую активацию.

Стриопаллидарная система участвует в формировании избирательной активации неокортекса, обеспечивающей готовность афферентного, ассоциативного и эфферентного звеньев для выполнения конкретного целенаправленного поведения. Наиболее изучены функции хвостатого ядра (неостриатума). Оно получает проекции практически от всех зон коры. Стриатум участвует в распределении восходящей в кору неспецифической активации. Это достигается через таламус — систему, определяющую локальную активацию.

Перечисленные выше структуры: ретикулярная формация, неспецифический таламус, лобная кора, гипоталамус и базальные ганглии — обеспечивают модально-неспецифическое внимание. Однако клинические данные показывают, что при поражении различных участков коры нарушаются разные формы модально-специфического внимания — зрительного, слухового и т.д. Таким образом, в поддержании модально-специфического внимания принимают участие различные *сенсорные зоны коры*.

4.5. Физиологические корреляты внимания

В первую очередь к физиологическим коррелятам следует отнести функциональные изменения, происходящие в различных структурах мозга на разном уровне (от клеточного до системного), а также ряд вегетативных и моторных показателей, отражающих уровень активации.

ЭЭГ-корреляты внимания. Под ЭЭГ-реакцией активации у человека обычно понимают подавление, блокаду альфа-ритма, которая замещается нерегулярной и низкоамплитудной активностью. В последние годы наблюдается стремительный рост числа публикаций, в которых сообщается об усилении гамма-колебаний (30—170 Гц и более) в составе реакции ЭЭГ-активации. Их связывают с контролируемые когнитивными процессами, в частности с произвольным вни-

манием. Появление гамма-ритма обусловлено влиянием неспецифических ядер таламуса.

Синхронизация нейронной активности на частоте гамма-колебаний отражает особую форму реакции активации, которая часто наблюдается во время произвольного внимания. Эта активация направлена на интеграцию нейронов в функциональные системы, эффективно обеспечивающие как процесс восприятия, так и выполнение определенного сенсомоторного акта.

В ситуации ожидания стимула, независимо от его модальности, усиливается синхронизация в полосе альфа-ритма, причем преимущественно в премоторных зонах коры.

Внимание и вызванные потенциалы. Первые исследования внимания методом регистрации вызванных потенциалов мозга, начавшиеся в 50 — 60-е гг. XX столетия, использовали простые поведенческие модели, например счет стимулов. При этом было установлено, что привлечение внимания испытуемых к стимулу сопровождается увеличением амплитуды компонентов ВП и (или) сокращением их латентности. Напротив, отвлечение внимания от стимула сопровождается снижением амплитуды ВП и увеличением латентности.

Однако оставалось неясным, чем обусловлены эти изменения параметров ВП: изменением общего уровня активации, поддержанием бдительности или механизмами избирательного внимания. Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо было построить эксперимент таким образом, чтобы его организация позволяла вычленить эффект мобилизации селективного внимания «в чистом» виде.

В качестве такой модели можно привести эксперименты С. Хильярда, которые получили в 1970-е гг. широкую известность. При предъявлении звуковых стимулов через наушники в левое и правое ухо испытуемому предлагалось мысленно реагировать (считать) на редко встречающиеся («целевые») стимулы, поступающие по одному из каналов (только в правое или левое ухо).

Было установлено, что привлечение внимания к одному из каналов ведет к увеличению амплитуды первой отрицательной волны с латентным периодом около 150 мс, обозначаемой как компонент М1. Целевые стимулы сопровождалась появлением в составе ВП позднего положительного коле-

бания P_3 с латентным периодом около 300 мс. Высказывалось предположение, что негативная волна M отражает «установку» на стимул, определяющую направленность произвольного внимания, а компонент P_3 — «установку» на ответ, связанную с выбором варианта ответа. В дальнейшем компонент P_3 (чаще определяемый как P_{300}) явился предметом множества исследований. В частности, было установлено, что амплитуда P_{300} зависит от избирательности внимания. При ослаблении внимания испытуемого к стимулу волна P_{300} становится менее выраженной.

В отличие от рассмотренных экзогенных компонентов, т.е. компонентов, вызываемых внешними раздражителями, компонент ПСС, названный *негативностью рассогласования* (НР), по-видимому, представляет собой физиологическую меру, хотя и не прямую, текущего процесса переработки сенсорной информации в мозге. Для получения НР использовалась процедура вычитания ПСС на стандартный стимул из ПСС на соответствующий девиантный стимул. НР выглядит как негативность, которая появляется примерно через 100 мс от начала действия стимула и длится примерно 250 мс после окончания его воздействия. С увеличением различий между ними наблюдается постепенное уменьшение латенции НР.

Из вышесказанного следует, что роль вызванных и событийно-связанных потенциалов в изучении внимания достаточно велика. Главное состоит в том, что с их помощью можно получить пространственно-временную картину потока событий, возникающих в мозге до, во время и после предъявления стимула или выполнения задачи. На основе этих данных можно сделать вывод о том, в каких областях мозга и в какой момент обработки стимула возникает максимальная активация. Полученная таким образом последовательность физиологических явлений в мозге может быть затем связана с предполагаемыми «психологическими» стадиями или шагами процесса переработки информации, с субъективными отчетами и объективными оценками исполнения.

Как указывалось выше, внимание наряду с другими включает в себя и моторный компонент. Моторное внимание необходимо для выбора и запуска моторной программы, а также для функционирования обратной связи о результатах движения. От этого зависит точность выполнения моторной программы. Поэтому ВП, связанные с организацией двигательной реакции, также являются коррелятами внимания.

К таким потенциалам в первую очередь относится *потенциал готовности* (ПГ). Это медленная негативная волна, регистрируемая в пре- и постцентральной извилине примерно за 1 – 2 с до начала движения. Амплитуда ПГ зависит от степени концентрации внимания, инструкции, уровня мотивации, функционального состояния.

Условно-негативная волна (УНВ) – другой электрокорковый феномен, отражающий процесс подготовки к выполнению движения. Это медленное негативное колебание, которое регистрируется в период ожидания между первым и вторым стимулами. Амплитуда УНВ монотонно-положительно связана с уровнем внимания.

Внимание и изменение локального мозгового кровотока. Данные по исследованию локального мозгового кровотока позволяют предположить, что правая фронтальная область коры более значима для функции селективного внимания, чем левая. Также было обнаружено, что при восприятии речевых стимулов активируется височная область левого полушария. Этот эффект наблюдался независимо от того, в какое ухо подается стимул. В то же время при прослушивании музыки кровоток усиливался в правом полушарии. Префронтальная кора активируется также и при выполнении разного рода мыслительных задач.

П.Е. Роланд, В. Ларсен и Н.А. Ларсен изучали изменения ЛМКТ, связанные с мозговой организацией волевых движений. Они показали, что если испытуемый программировал (представлял или мысленно выполнял) хорошо знакомую сложную последовательность быстрых движений разных пальцев без выполнения этих движений, то ЛМКТ усиливался в обеих дополнительных моторных областях (ДМО). Во время реального выполнения этой последовательности движений обе ДМО, ипсия- и контралатеральная, были активированы точно так же, но, кроме того, была активирована и первичная моторная кора. Авторы сделали вывод, что первичная моторная область может контролировать выполнение простых баллистических движений, тогда как более сложные двигательные последовательности требуют программирования в ДМО.

При исследовании мозгового кровотока методом ПЭТ в опытах по различению сигналов было установлено, что и при слуховом, и при зрительном внимании локальный церебральный кровоток усиливается

в правой префронтальной области. Этот факт интерпретируют как возможное преобладание правого полушария в функции направленного внимания. Обобщая результаты исследований, полученных с помощью ПЭТ, М. Познер с сотрудниками выделили две системы внимания: заднюю зрительно-пространственную и переднюю. Исследователи считают, что *задняя система внимания* не активируется при зрительном предъявлении стимулов, но обеспечивает контроль за стимулами, поступающими через зрительный вход (например, поиск соответствующего слова в ряду предъявленных). *Передняя система внимания* локализована в передней цингулярной (поясной) извилине медиальной части фронтальной доли. Она ответственна за формирование «внимания к действию» и участвует в семантических операциях, приводящих к выбору нужной реакции.

Вегетативные корреляты внимания. О. Левенштейн еще в 1920 г. описал *расширение зрачка*, не связанное с изменением светового потока. Зрачковая реакция (ЗР) происходит при повышении уровня внимания или изменении эмоционального состояния человека. Изменение ЗР исследовали в следующем опыте. Испытуемые должны были решать задачу на сложение простых чисел (1+1, 2+1, 3+1 и т.д.). У них регистрировали КГР и ЗР. По мере повторения задачи КГР постепенно угасала, а амплитуда ЗР оставалась прежней. При усложнении задачи (1+3, 2+3, 3+3 и т.д.) амплитуда ЗР увеличивалась.

На диаметр зрачка влияет любая деятельность организма, повышающая активность симпатической или парасимпатической нервной системы. Но экспериментальные данные показали, что среди не-световых факторов наибольшее влияние оказывают интенсивность внимания или внутренние усилия.

Глава 5. ПАМЯТЬ

5.1. Виды и формы памяти

Память определяется как способность организма запоминать, хранить и воспроизводить информацию о взаимодействии между объектами.

Организм каждый момент времени переходит из прошлого в настоящее. Поведение организма в настоящем определяется накоплен-

ным опытом. Следы прошедших событий сохраняются как определенные изменения в нервной системе, которые сохраняются более или менее продолжительное время. Запоминается не только тот или иной факт, но и субъективное отношение к ситуации. Комплекс этих изменений в нервной системе, связанный с изменением ситуации и отношением к ней, получил название «образование энграммы», т.е. памятного следа. Таким образом, *энграмма* — это постоянные изменения в нервной ткани, возникающие в процессе научения. Энграмму можно рассматривать как модель прошлого. И эта модель в определенных новых ситуациях может перемещаться в будущее, т.е. становится целью поведенческого акта.

Под определение памяти попадает широкий круг явлений неживой природы (например, вмятина на крыле машины). Но в отличие от неживого живое способно воспроизводить само себя. Однако это невозможно сделать, если не помнить свою структурную организацию. Структурное воспроизведение опирается на *генетическую память*. Носителем ее являются нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК). Генетическая информация может изменяться под воздействием различных факторов, вызывающих мутации. Таким образом, генетическая память является важной формой биологической памяти.

Второй формой биологической памяти является *иммунная память*. Она появляется позже генетической памяти, но впоследствии оказывается тесно связанной с ней. Иммунная память обеспечивает узнавание чужеродных агентов после их вторичного проникновения в организм. Иммунные клетки (лимфоциты) взаимодействуют с этими антигенами и уничтожают их.

В психологии чаще всего оперируют понятием *нервной памяти*, которая возникает в связи с развитием нервной системы и является самой сложной функцией биологической памяти (как по своим механизмам, так и по проявлениям).

Каждая из этих форм может включать в себя различные виды памяти.

Различают *онтогенетическую* и *филогенетическую* память. Первая свойственна данному индивиду и развивается в процессе онтогенеза на основе разных механизмов научения. Филогенетическая память — это память, свойственная группе особей (виду, роду и т.д.).

Она формируется в процессе эволюции и представлена комплексом генетически закрепленных поведенческих актов, характерных для всех особей данной группы.

Модально-специфические виды памяти обеспечивают запечатление разных сторон, свойств воспринимаемого объекта. Эти виды памяти соответствуют определенным органам чувств (зрительная, слуховая, обонятельная память и т.д.).

Память на целостные образы называют *образной*. Этот вид памяти формируется на основе синтеза модально-специфических видов. Ее физиологической основой являются распределенные сети, поэтому выпадение отдельного звена из этой системы не приводит к тотальному нарушению образной памяти. Образная память обеспечивает длительное хранение следа.

Эмоциональная память – память на переживания, связанные с теми или иными событиями. Эмоционально окрашенные впечатления запоминаются практически мгновенно и непроизвольно. Также непроизвольно они и воспроизводятся. Эмоциональная память является одним из самых ранних и, по-видимому, наиболее устойчивых видов онтогенетической памяти.

Словесно-логическая память – это память на слова и символы, обозначающие различные объекты.

В основу выделения различных видов памяти положены разные критерии, и приведенные выше виды не исчерпывают всего их многообразия. Однако наиболее часто основанием для выделения видов памяти является *время*, продолжительность хранения запечатленной информации.

5.2. Временная организация памяти

В 40-е гг. XX в. канадский психолог Дональд Хэбб предложил делить память на кратковременную и долговременную.

Кратковременная память. Длительность хранения информации в кратковременной памяти составляет несколько секунд или несколько десятков секунд. Объем кратковременной памяти невелик и представлен известным числом Миллера – 7 ± 2 элемента. Кратковременная память является первым этапом формирования энграммы.

Современные исследователи из состава кратковременной памяти выделяют *иконическую (сенсорную) память* (длительность хранения информации – примерно 500 мс). В основе сенсорной памяти лежат следовые процессы, которые развиваются в сенсорной клетке *после действия раздражителя*. Примеры иконической памяти: сохранение зрительного образа при мигании, слитное восприятие изображений в кино, восприятие речи. Основная функция иконической памяти — обеспечить условия для предварительного анализа информации.

Долговременная память. Из кратковременной памяти информация либо стирается, либо поступает в долговременную память. Процесс перехода информации из кратковременной в долговременную память получил название *консолидации* энграммы (от лат. *consolidation* — укрепление, уплотнение). Консолидация памятного следа проявляется в виде постепенного повышения устойчивости энграммы к повреждающим воздействиям (электросудорожный шок, судорожные яды, гипоксия, гипо- и гипертермия, нарушения синтеза белка и медиаторов и т.д.). Длительность и эффективность консолидации зависят от особенностей обучения, функционального состояния мозга во время и сразу после обучения и ряда других факторов. В долговременной памяти хранится наиболее значимая информация. Ее объем и длительность хранения практически не ограничены.

О существовании двух различных хранилищ памяти свидетельствуют такие факты. Две группы испытуемых — здоровые и больные амнезией — должны были воспроизвести список из 10 слов сразу же после заучивания и спустя 30 с. В период отсрочки испытуемые должны были решать арифметическую задачу. Результаты опыта оказались следующими. При немедленном воспроизведении информации разницы между группами не обнаружено. При отсроченном воспроизведении у больных амнезией объем информации был значительно меньше, чем у здоровых. Это указывает на тот факт, что механизмы кратковременной и долговременной памяти у человека различны.

5.3. Концепция активной памяти

Концепция временной организации памяти, оперирующая понятиями «кратковременная память», «долговременная память» и «кон-

солидация», в настоящее время подвергается серьезной критике. На ее уязвимость указывает отсутствие согласия исследователей относительно времени удержания энграммы в кратковременной и долговременной памяти.

Не определены четкие временные рамки для кратковременной и долговременной памяти. По мнению одних исследователей, в кратковременной памяти след хранится от нескольких секунд до нескольких часов, а в долговременной – от нескольких часов до нескольких дней, после чего переходит в постоянное хранение. Другие авторы считают, что в кратковременной памяти след хранится несколько секунд, а в долговременной – от нескольких секунд до нескольких лет.

Для развития представлений о физиологии памяти существенное значение имели клинические и экспериментальные наблюдения за людьми с нарушениями или потерей памяти на события, непосредственно предшествовавшие поражению мозга или электрошоковой терапии. При этом память на давно прошедшие события не страдает. Такой вид нарушения памяти получил название *ретроградной амнезии*. Она может наблюдаться и в результате введения некоторых фармакологических (особенно наркотических) веществ.

В концепцию временной организации памяти не укладываются факты *спонтанного восстановления памяти* после ретроградной амнезии. В клинической практике хорошо известны случаи спонтанного восстановления временно утраченной памяти. На рубеже XIX – XX вв. Т. Рибо (1839 – 1916) в своей работе «Память в ее нормальном и болезненном состояниях» анализирует описанное клиницистами явление периодических амнезий. Он приводит случай с больной, которая, проснувшись от длительного сна, забыла все, что она знала и чему училась, включая навыки читать, писать, считать, узнавать предметы и окружающие лица. Она вынуждена была учиться всему заново. Через несколько месяцев она вторично впала в глубокий сон и после пробуждения стала такой, какой была до первого сна. Но она полностью не помнила того, что с ней случилось в промежутке между двумя приступами сна.

Спонтанное восстановление памяти может быть ускорено с помощью «напоминания» обстановки, условий, в которых вырабатывался навык. Факты восстановления памяти говорят о том, что ни один из

амнестических агентов не может полностью физически разрушить однажды появившуюся энграмму.

Другая группа фактов, которые не может объяснить концепция временной организации памяти, связана с возможностью наблюдать ретроградную амнезию в отношении «старых» энграмм, уже прошедших период консолидации и хранящихся в долговременной памяти. Более того, имеются все основания полагать, что фиксация следа памяти происходит во время обучения, а *причина ретроградной амнезии заключается в нарушении механизма воспроизведения (считывания) энграммы.*

Противоречия, с которыми сталкиваются теории временной организации памяти, снимаются в *теории активной памяти.*

Существует *оптимальное функциональное состояние* для фиксации и извлечения следа памяти. Сохранение следа памяти в нервной системе еще не гарантирует его воспроизведение и использование в поведении. Для этого необходимо участие модулирующей системы мозга, которая реактивировала бы следы памяти. Всякое нарушение неспецифической системы сопровождается дезорганизацией поведения или невозможностью его исполнения.

Основные положения теории активной памяти сводятся к следующему.

1. Память выступает как единое свойство, т.е. не существует разделения на кратковременную и долговременную память.

2. Память существует в *активной форме*, готовой к реализации в данный момент, и в *пассивной форме*, не готовой к непосредственному воспроизведению. Воспроизведение может блокироваться амнестическими агентами. В этом и заключается причина ретроградной амнезии. Ретроградная амнезия возникает только для тех энграмм, которые находятся в активном состоянии в момент применения амнестического агента. Активная энграмма существует на уровне электрической активности нейронов. Амнестический агент (например, электрошок) изменяет электрическую активность нейронов, поэтому воспроизведение энграммы становится невозможным. Изменение электрической активности нейронов носит временный характер. После восстановления нормальной электрической активности произ-

ходит и восстановление памяти. Таким образом, для воспроизведения энграммы нужна нормальная электрическая активность.

3. Вся память рассматривается как долговременная. Одна ее часть становится активной в данной ситуации, другая находится в неактивном состоянии и поэтому недоступна для реализации. Активная память – это совокупность активированных старых и новых энграмм.

4. Долговременная память организована в систему, в которой новый опыт занимает определенное место.

5. Повторная активация энграммы может происходить как спонтанно, так и под влиянием различных внутренних и внешних факторов. Всякий раз повторно активированная энграмма отличается от нее самой, воспроизведенной в другой ситуации.

5.4. Механизмы кратковременной памяти

Единой теории механизма кратковременной памяти до сих пор не существует. Однако ясно, что запоминание любой информации начинается с электрофизиологических процессов в нейронных сетях головного мозга (возникновение возбуждающего постсинаптического потенциала, потенциала действия, выделение различных медиаторов в синаптическом аппарате мозга). Поэтому можно утверждать, что в основе механизма кратковременной памяти лежит импульсная активность нейронов, в частности циркуляция возбуждения по замкнутым нейронным цепям.

Большую роль в выяснении механизмов памяти сыграло применение в лечебных целях электрошока — сильного электрического воздействия на головной мозг. Выяснилось, что после электрошока, так же как и после механической травмы мозга в результате сотрясения, наркоза, ушиба, наблюдается *ретроградная амнезия*: человек полностью забывает о событиях, предшествовавших электрическому или механическому воздействию на мозг. По длительности ретроградной амнезии можно получить представление о времени консолидации памяти, т.е. времени перехода кратковременной памяти в долговременную. Консолидация памяти начинается обычно через несколько минут, иногда через несколько десятков минут после начала обучения.

Наблюдения за развитием состояния ретроградной амнезии у человека привели к формулировке одной из первых гипотез о механизме кратковременной памяти — *гипотезе реверберации* (циркуляции) возбуждения по замкнутым цепочкам нейронов. Лоренто де Но был одним из первых морфологов, описавших сложные замкнутые цепи нейронов в разных частях мозга. И.С. Бериташвили показал, что часть звездчатых клеток проекционных зон коры имеет аксон, заканчивающийся в поле своих дендритов. На основании этих данных была создана модель памяти из замкнутых цепей, в которых импульсы циркулируют без подкрепления. Считают, что в замкнутых нейрональных цепочках циркуляция длится минутами, сохраняя информацию в виде последовательности импульсов, передающихся от нейрона к нейрону (рис. 2).

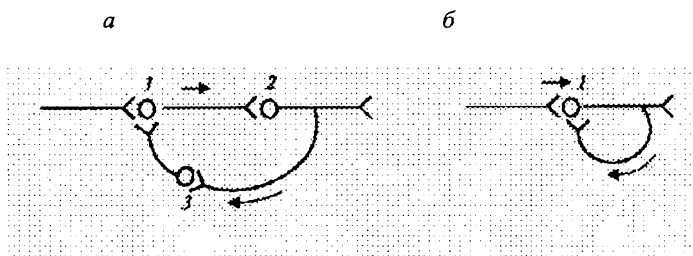


Рис. 2. Циркуляция возбуждения в замкнутых нейронных цепях: а — по Л. де Но; б — по И.С. Беритову; 1, 2, 3 — возбуждающие нейроны

Известно, что, пока циркуляция продолжается, сохраняется нейрональный след о воздействии того или иного раздражителя на организм в прошлом. С позиций гипотезы реверберации легко объясняется феномен ретроградной амнезии: развитие амнезии при травмах головного мозга, при электрошоке возникает вследствие грубого нарушения ритмической активности в цепочках взаимосвязанных нейронов.

Гипотеза ревербирующего возбуждения согласуется с повседневным опытом, свидетельствующим о том, что для обучения необходима практика, т.е. неоднократное «пропускание» материала через сознание. Согласно морфологическим и электрофизиологическим данным, подобная реверберация, по крайней мере, возможна.

Однако некоторые ученые ставят под сомнение гипотезу реверберации, так как отсутствуют достоверные данные о возможности ре-

верберации как нейрофизиологического феномена. В специальных контрольных опытах по обнаружению реверберации в микроансамблях нейронов было установлено, что циклические усиления и ослабления активности нейронов при возбуждении микроансамбля, принимаемые обычно за циркуляцию возбуждения, в действительности с циркуляцией не связаны. Полагают, что они являются следствием циклических колебаний активности пейсмекерных механизмов нейрона, предопределяющих ритмический рисунок его разрядов. В настоящий момент становится все более очевидным, что кратковременная память может реализовываться нервной системой и без реверберации. Но результаты этих опытов не противоречат представлению о том, что запоминание начинается с электрофизиологических процессов (ВПСП, ПД, медиаторы), поэтому кратковременную память по механизму происхождения можно назвать *электрофизиологической памятью*.

Исходя из представлений об импульсном кодировании сигналов в памяти и цикличности нейронных процессов, А.Н. Лебедев (1985) предлагает *математическую модель*, которая, используя некоторые характеристики основного ритма электроэнцефалограммы — альфа-ритма, позволяет количественно оценить объем долговременной и кратковременной памяти и некоторые другие ее характеристики.

Физиологическими основами памяти, согласно А.Н. Лебедеву, служат пачки нейронных импульсов, способные циклически повторяться. Каждая пачка импульсов — своеобразная «буква» универсального нейронного кода. Сколько разных пачек по числу импульсов в каждой, столько разных букв в нейронном коде. Пачки импульсов возникают друг за другом и образуют ограниченные цепочки. Это кодовые слова. Каждой цепочке, т.е. каждому кодовому слову, соответствует свой, порождающий его ансамбль нейронов.

В результате каждому приобретенному образу памяти (слову, предмету, явлению и т.п.) соответствует свой нейронный ансамбль. Нейроны ансамбля, хранящие один образ, активизируются согласованно, циклически. Колебания клеточных потенциалов, связанные с импульсацией нейронов, создают повторяющийся узор биопотенциалов, причем каждому образу соответствует свой собственный узор. Часть нейронов ансамбля могут «замолкать» или включаться в работу другого ансамбля.

ля, другого образа. При этом ансамбль может не только приобретать нейроны (повторение), но и терять их (забывание). Предполагается, что работу одного ансамбля может обеспечить от 100 до 1000 нейронов. Нейроны одного ансамбля не обязательно размещаются рядом, однако часть нейронов любого образа с необходимостью располагается в ретикулярной формации ствола и промежуточного мозга, другие нейроны размещаются в старой и новой коре, в ее первичных, вторичных и третичных зонах.

А.Н. Лебедев предполагает, что узоры, образованные волнами активности какого-либо ансамбля, повторяются чаще всего через 100 мс, а это диапазон альфа-ритма. Представление о циклических кодах памяти оказалось также продуктивным и для теоретического расчета быстрого действия памяти, проявляющегося в скорости мнемического поиска и быстроте принятия решения в ситуации выбора.

Таким образом, согласно нейрофизиологической модели динамической памяти А.Н. Лебедева, объем кратковременной памяти человека определяется, с одной стороны, параметрами доминирующего ритма фоновой активности электроэнцефалограммы — альфа-ритма, а с другой — размером алфавита запоминаемых стимулов. Поступающая извне информация кодируется мозгом человека на альфа-частоте.

5.5. Механизмы долговременной памяти

В современной нейробиологии и психофизиологии существует целый ряд теорий и моделей, объясняющих разные стороны функционирования памяти.

Теория Д. Хебба. Первые исследования физиологических основ памяти связаны с именем канадского исследователя Д. Хебба. В 40-е гг. прошлого века он ввел понятия кратковременной и долговременной памяти и предложил теорию, объясняющую их нейрофизиологическую природу. По Д. Хеббу, кратковременная память — это процесс, обусловленный повторным возбуждением импульсной активности в замкнутых цепях нейронов, не сопровождающийся морфологическими изменениями. Долговременная память, напротив, базируется на структурных изменениях, возникающих в результате модификации межклеточных контактов — синапсов. Д. Хебб считал, что фиксация следа связана со стойкими

изменениями синаптической проводимости, которые возникают при повторном поступлении разряда определенной конфигурации. Это было подтверждено и другими исследователями. Позже Дж. Экклс (1981) установил, что при частом функционировании синапса (его употреблении) возникает облегчение – длительное изменение синаптической проводимости, а при неупотреблении проводимость ухудшается.

Повторное возбуждение нейронов, образующих такую цепь, приводит к тому, что в них возникают долговременные изменения, связанные с ростом синаптических соединений и увеличением площади их контакта между пресинаптическим аксоном и постсинаптической клеточной мембраной. После установления таких связей эти нейроны образуют клеточный ансамбль, и любое возбуждение хотя бы одного относящегося к нему нейрона приводит к возбуждению весь ансамбль. Это и есть нейрональный механизм хранения и извлечения информации из памяти. Непосредственно же основные структурные изменения, согласно Д. Хеббу, происходят в синапсах в результате процессов их роста или метаболических изменений, усиливающих воздействие каждого нейрона на следующий нейрон.

Достоинство этой теории в том, что она толкует память не как статическую запись или продукт изменений в одной или нескольких нервных клетках, а как процесс взаимодействия многих нейронов на основе соответствующих структурных изменений.

Современные подходы к изучению физиологических механизмов памяти в значительной степени связаны с развитием изложенных выше идей Д. Хебба.

Синаптическая теория. Свое название эта теория получила из-за того, что главное внимание в ней уделяется роли синапса в фиксации следа памяти. Она утверждает, что при прохождении импульса через определенную группу нейронов возникают стойкие изменения синаптической проводимости в пределах определенного нейронного ансамбля.

С. Роуз, один из наиболее авторитетных исследователей нейробиологических основ памяти, подчеркивает: при усвоении нового опыта, необходимого для достижения каких-либо целей, происходят изменения в определенных клетках нервной системы. Эти изменения, выявляемые

морфологическими методами с помощью световой или электронной микроскопии, представляют собой стойкие модификации структуры нейронов и их синаптических связей.

Г. Линч и М.Бодри (1984) детально исследовали биохимические преобразования в пре- и постсинаптической клетке. На основании полученных данных они предложили следующую гипотезу. Повторная импульсация в нейроне, связанная с процессом запоминания, предположительно сопровождается увеличением концентрации кальция в постсинаптической мембране, что приводит к расщеплению одного из ее белков. В результате этого освобождаются замаскированные и ранее неактивные белковые рецепторы (глутаматрецепторы). За счет увеличения их числа возникает состояние повышенной проводимости синапса, которое может сохраняться до 5 — 6 суток.

Эти процессы тесно связаны с увеличением диаметра и усилением активности так называемого аксошипикового синапса — наиболее пластичного контакта между нейронами. Одновременно с этим образуются новые шипики на дендритах, а также увеличиваются число и величина синапсов. Таким образом, экспериментально показаны морфологические изменения, сопровождающие формирование следов памяти.

Данная гипотеза имеет много прямых и косвенных доказательств в свою пользу. Она привлекает внимание тем, что позволяет рассматривать структурную ансамблевую организацию энграммы и при этом учитывает такой важный компонент нейронной конструкции, как дендритные шипики с их белковым цитоскелетом. Аксошипиковые контакты — наиболее пластичное соединение между нейронами, которое может быть ответственно за эффективность синаптической передачи.

Современные исследования направлены главным образом на поиск основных факторов, обеспечивающих модуляцию эффективности синаптической передачи и сохранение этих сдвигов в нейронных сетях. Ниже рассмотрены основные участники нейрохимических преобразований, обеспечивающие фиксацию памятного следа.

Нейромедиаторные системы. Когда речь заходит о регуляции синаптической эффективности, то внимание обращается прежде всего на системы биологически активных веществ, являющихся посредниками в синаптической передаче. Так, было установлено увеличение

содержания свободного *ацетилхолина* в гиппокампе сразу после обучения оборонительному условному рефлексу. Синтез ацетилхолина, зависящий от вырабатываемых навыков и индивидуальных особенностей животных, стали связывать с процессом консолидации. Весьма чувствительным индикатором холинергической системы мозга является активность ацетилхолинэстеразы, разрушающей ацетилхолин, которая закономерно меняется в коре мозга и гиппокампе в зависимости от характера обучения и способности животных к выработке навыков.

Дальнейшие исследования показали, что под влиянием обучения увеличивается количество *холинорецепторов*, что может быть следствием либо синтеза новых рецепторных молекул, либо демаскировки и активации уже существующих рецепторных белков. По-видимому, долговременная память связана со стабильным изменением чувствительности к ацетилхолину. Активация рецепторов постсинаптической мембраны облегчает обучение, ускоряет фиксацию, способствует извлечению следа из памяти. И наоборот, антагонисты ацетилхолина нарушают обучение и воспроизведение, вызывая амнезию.

Системы, связанные с образованием и выделением биогенных аминов, — катехоламинергическая и серотонинергическая — принимают самое непосредственное участие в механизмах долговременной памяти.

Установлено, что обучение животных в моделях с электрокожным подкреплением условных реакций сопровождается активацией *норадренергических* систем мозга, а обучение с пищевым подкреплением — снижением метаболизма и уровня норадреналина в мозге животных.

Значительное снижение уровня норадреналина в мозге замедляет обучение, вызывает амнезию и нарушает извлечение следа из памяти. Определенную роль играет и *дофаминергическая* система, ибо дофамин является предшественником образующегося из него норадреналина.

Значительно более определенная роль в процессах, связанных с консолидацией следов памяти, принадлежит *серотонинергической* системе мозга. Серотонин ускоряет обучение и удлинняет сохранение навыков, выработанных на основе эмоционально положительного под-

крепления, нарушая выполнение и сохранение защитно-оборонительных реакций. Серотонин причастен к формированию эмоционально положительных, а норадреналин — эмоционально отрицательных состояний. Обе моноаминергические системы находятся в реципрокных отношениях.

В связи с тем что распространенным приемом исследования памяти является использование различного рода амнезирующих (амнезия — потеря памяти) воздействий стрессорного типа, было выдвинуто предположение, что стрессоры действуют на процессы консолидации через нейроэндокринные реакции.

Р.И. Кругликов (1984) разработал гипотезу, согласно которой холинергические механизмы мозга обеспечивают информационную составляющую процесса обучения. Роль же моноаминергических систем мозга сводится к обеспечению подкрепляющих и эмоционально-мотивационных составляющих процесса обучения и памяти. При этом холинергическая система находится под модулирующим влиянием моноаминергической системы.

Среди вероятных медиаторов, от уровня метаболизма которых зависят процессы долговременной памяти, следует упомянуть гамма-аминомасляную кислоту, глутаминовую кислоту, а также вторичные посредники (циклические нуклеотиды и ионы кальция). Разработка этих вопросов находится только в начальной стадии.

Информационные макромолекулы. Поиску специфических веществ, ответственных за хранение информации о том или ином событии, посвящены многочисленные эксперименты.

Участие нуклеиновых кислот и белков в ключевых процессах обучения и памяти не вызывает сомнений. Теоретические представления подразделяются на две группы. Согласно первой группе гипотез обучение и память связаны с кодированием приобретенных форм поведения в информационных макромолекулах. Согласно второй группе гипотез, исходящих из взаимосвязи генома и синтеза специфических белков нервной клетки, на основе функционального объединения нейронов возникает структурное их объединение, представляющее собой энграмму памяти.

Первая группа гипотез о кодировании индивидуального опыта в макромолекулах базируется на следующих аргументах: качественном

изменении рибонуклеиновой кислоты (РНК) и белков при обучении и возможности «переноса памяти» от обученного мозга к необученному с помощью РНК или полипептидов.

Повышенный интерес к изучению молекулярных механизмов памяти в 1950—60-е гг. был вызван работами известного шведского нейрохимика Х. Хиден, изучавшего роль рибонуклеиновой кислоты в процессах памяти. Х. Хиден считал, что под влиянием приходящей к нейрону импульсации происходит перегруппировка оснований в молекуле РНК. Этот измененный белок и обуславливает высокую чувствительность нейрона именно к данному типу импульсов.

Оказалось, что освоение животными нового поведения сопровождалось ростом синтеза РНК и белков. Предполагалось, что последующий синтез белка на матрице «обученной» РНК сохраняет приобретенную информацию («запоминающие белки»). Гипотеза Х. Хиден о роли РНК в кодировании памяти была критически переоценена самим автором и не получила подтверждения в опытах других исследователей. Было, в частности, показано, что введение ингибиторов синтеза РНК отражается не на сохранении старых, а на выработке новых навыков. Много работ, в которых исследуют участие РНК в процессах памяти, не позволяют снять целый ряд принципиальных вопросов, и поэтому нельзя исключить неспецифический характер участия нуклеотидов.

Позднее, в 1970-е гг., исследователи пришли к выводу о том, что сохранение приобретенной информации связано не с РНК, а с ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислотой).

Существенный вклад в понимание молекулярных механизмов памяти внесли Франсуа Жакоб и Жак Моно. Помимо структурных генов, хранящих информацию об организме, они выделили особые регуляторные белки, которые, присоединяясь к молекуле ДНК или отделившись от нее, контролируют экспрессию генов, т.е. препятствуют образованию информационной РНК.

К отличительным особенностям генома нервных клеток относится их высокий по сравнению с другими тканями уровень функционально активных (транскрибируемых) последовательностей ДНК. Характерным для нервных клеток является также прогрессирующее увеличение в них (в течение индивидуальной жизни) числа открытых

для синтеза уникальных кодов ДНК, чего не происходит в тканях других органов. В частности, у эмбриона человека в возрасте 22 недель число активных генов в нервной клетке составляет 8,2%, у взрослого человека эта величина достигает 24,6%, а в некоторых зонах мозга — 38%, тогда как в мышцах с возрастом она не меняется. Транскрибируемость ДНК и ее синтез в нейронах увеличиваются при обучении животных и содержании их в условиях информационно обогащенной среды.

Несмотря на многочисленные данные, пока не получено ни одного убедительного аргумента в пользу признания определяющей роли макромолекул в кодировании индивидуального опыта.

Важным этапом в изучении химической природы памяти были экспериментальные попытки «*транспорта памяти*» от одних животных другим. Подобного рода исследования на беспозвоночных (планарии, Д. Мак-Кеннел, 1969) и млекопитающих (белые крысы, Г. Унгар, 1965) в свое время носили сенсационный характер. Путем инъекции мозговых экстрактов от животных-доноров, обученных несложному навыку, было достигнуто облегчение обучения той же задаче животных-реципиентов.

Наибольший резонанс в дискуссии о природе памяти получила в 1970-е гг. гипотеза Г. Унгара, основанная на фактах накопления в мозге *особого пептида (скотофобина)*, кодирующего страх темноты и способного транспортировать этот страх от обученных животных (доноров) к необученным (реципиентам). Но позже был выявлен ряд методических погрешностей, что ставило под сомнение достоверность полученных данных.

В то же время существует ряд убедительных доказательств того, что экстракт мозга обученного животного оказывает стимулирующее влияние на обучение реципиента. Видимо, существует какой-то химический фактор, хотя и не обеспечивающий прямой «перенос памяти», но облегчающий формирование соответствующего навыка у животных-реципиентов.

Существует большое число данных, свидетельствующих о том, что полноценный *белковый синтез* необходим для процесса консолидации и формирования долговременной памяти. Интересно, что угнетение белкового синтеза не отражается на кратковременной памяти

(выработанные навыки сохраняются в течение минут, а порой — часов обучения). Но такие навыки не сохраняются даже в течение ближайших суток. Это позволяет сделать вывод о том, что белок необходим для долговременной памяти.

Таким образом, кратковременная память на только что минувшие события или впечатления, извлеченные из долговременной памяти, основывается на импульсной реверберации в замкнутых нейронных цепях. Долговременная память формируется на основе синтеза макромолекул — нуклеиновых кислот и белков — и связана с активацией генетического аппарата нервной клетки, в результате чего возникают изменения в мембранах нейронов и межнейронных связях.

Нейропептиды. Г. Унгар (1977) был первым, кто обратил внимание на участие нейропептидов в явлениях обучения и памяти. С его точки зрения, они служат своеобразными маркерами специфических нейронных путей.

В настоящее время основные исследования проведены на гомонах гипоталамо-гипофизарного происхождения или их фрагментах — коротких цепочках аминокислотных остатков.

Нейропептиды обнаружены в аксонных окончаниях нейронов вместе с медиаторами. Установлено, что нейропептиды могут усилить или затормозить действие медиатора. Такие нейропептиды-спутники вместе с медиаторами создают и поддерживают на постсинаптической мембране специфические рецепторные мозаичные наборы, способствующие быстрому проведению определенного вида возбуждения. Пептид-спутник повышает сродство рецептора к основному медиатору, он более стабилен, чем основной медиатор, что обеспечивает пролонгированное облегчение проведения информации через синапс. Так, *адренокортикотропный гормон*, *кортикостероиды* и их модификации существенно влияют на обучение и память. Их эффект зависит от интенсивности обучения, он ослабевает по мере увеличения интервала между обучением и введением пептида и является достаточно кратковременным.

Специальные исследования на животных с разрушенным гипофизом выявили у них значительный дефицит памяти. Последнее связывали с недостатком в организме гипофизарного гормона — *вазо-*

прессина. С целью доказать возникшее предположение были проведены опыты на линии крыс с генетическим дефицитом вазопрессина, характеризующихся нарушением памяти. Инъекции дополнительных количеств вазопрессина приводили к ее улучшению, что подтвердило участие этого пептида в формировании следов памяти. Причем у этих животных страдал не сам процесс обучения, а именно консолидация сформировавшихся энграмм. Противоположное действие оказывал другой гормон гипофиза — *окситоцин*, который рассматривают как естественный амнезирующий нейропептид. Он нарушает сохранение выработанных навыков у животных независимо от типа обучения.

Среди других нейропептидов выделяют эндогенные опиоиды — *эндорфины* и *энкефалины*, которые оказывают выраженное влияние на обучение и память, замедляют угашение условных рефлексов, улучшают их сохранение, хотя и ухудшают их формирование.

Большинство ученых склоняются к представлению о том, что нейропептиды регулируют память через взаимодействие с медиаторами и влияние на метаболизм макромолекул.

Таким образом, прослеживается тесная взаимосвязь всех нейрохимических механизмов памяти. По-видимому, изменение белкового метаболизма является тем конечным звеном, через которое реализуются любые воздействия на процессы обучения и памяти. За счет изменений белкового метаболизма осуществляются процессы формирования и закрепления многонейронной энграммы. Дальнейшая задача состоит в разделении специфических и неспецифических факторов формирования энграммы памяти с углубленным анализом ее нейрохимических и структурных основ.

Следует, однако, подчеркнуть, что интенсивные биохимические исследования привели к явной переоценке и автономизации клеточно-молекулярного уровня изучения механизмов памяти. Как указывает С. Роуз (1995), эксперименты, проводимые только на клеточном уровне, слишком ограничены и, по-видимому, не способны ответить на вопрос, как мозг человека запоминает, например, сложные симфонические партитуры или извлекает из памяти данные, необходимые для разгадывания простого кроссворда.

Для более полного знания о специфике функционирования процессов памяти необходим переход на уровень сложных мозговых сис-

тем, где многие нейроны соединены между собой морфологическими и функциональными связями.

5.6. Роль отдельных структур в формировании памяти

Основы современных представлений относительно мозгового обеспечения памяти сложились еще в прошлом веке. Наиболее весомый вклад в развитие этих представлений был сделан немецким психологом Карлом Лешли. В 1950 г. он опубликовал статью под заглавием «В поисках энграммы». Большую часть своей жизни К. Лешли посвятил экспериментальным исследованиям, в которых пытался выявить локализацию следов памяти в различных участках мозга. Он пришел к выводу, что энграмма как таковая не существует: следы памяти не локализованы в каких-либо отдельных структурах, а диффузно распределены во всем мозге. Как-то К. Лешли даже заметил — полусуто, полусерьезно, — что, посвятив всю жизнь проблеме научения, он начал сомневаться в самом его существовании! Взгляды К. Лешли, изложенные в его знаменитой статье, оказали огромное влияние на умы ученых.

Современные исследования мозга, выполненные методами ПЭТ и функциональной МРТ, свидетельствуют о том, что актуализация следов памяти требует одновременной активации многих структур мозга, каждая из которых выполняет специфическую функцию по отношению к процессам памяти. Основу памяти, как и других высших психических функций, составляют распределенные системы, включающие в себя целый ряд структур, относящихся к разным уровням ЦНС. Среди них выделяют те, которые входят в собственно систему памяти, т.е. участвуют в хранении поступившей информации, и систему структур, образующих регуляторную (модулирующую) систему памяти.

К регуляторным механизмам памяти относят те структуры, деятельность которых приводит к изменению функций памяти. Система регуляции памяти включает два уровня: модально-специфический («региональный») и неспецифический («общемозговой»). К модально-специфическому уровню модуляции памяти относят различные отделы новой коры, за исключением лобной коры. Этот уровень связан с дея-

тельностью сенсорных систем. *Неспецифический уровень* участвует в обеспечении практически всех видов памяти. К неспецифическому уровню относят ретикулярную формацию (мезэнцефалическую), таламус, мозжечок, миндалину, гиппокамп, височную и лобную кору.

Ретикулярная формация. РФ не только оказывает общее активирующее влияние на процесс формирования энграммы, но и непосредственно включается в ее структуру. В период действия наркотических и других нейрофармакологических средств, угнетающих функцию ретикулярной формации, нарушается запоминание нового материала любой модальности независимо от его сложности и эмоциональной значимости. Это объясняется прежде всего подавлением активирующих ретикулокортикальных влияний, что приводит к ухудшению консолидации следов. В противоположность этому раздражение ретикулярной формации облегчает обучение, ускоряет закрепление энграммы.

Таламокортикальная система. Усиление активности таламокортикальной системы с помощью электрической стимуляции или нейрофармакологических препаратов сопровождается улучшением кратковременной памяти. Возрастает объем непосредственно воспроизводимого материала после его предъявления в быстром темпе.

Мозжечок. Мозжечок относится к многофункциональным структурам мозга. Среди его функций — сохранение равновесия, поддержание позы, регуляция и перераспределение мышечного тонуса, тонкая координация произвольных движений. В последние годы выявлена способность мозжечка одновременно с корой формировать все виды классических условных рефлексов.

Какую новую функцию по сравнению с корой берет на себя мозжечок? Предполагают, что он контролирует точность выполнения движений во времени, так как только мозжечок обладает способностью в любой момент времени заблокировать любую двигательную реакцию или, наоборот, дать ей возможность реализоваться.

Основными клеточными элементами коры мозжечка являются клетки Пуркинье. Активация клеток Пуркинье создает торможение нейронов ядер мозжечка посредством ГАМК-тормозного медиатора и как следствие — торможение нейронов красного ядра, управляющих двигательными рефлексам.

Функции гиппокампа в процессах памяти. По мере изучения гиппокампа менялось представление о его функциях. Сначала он рассматривался как кора обонятельного мозга. Затем широко распространилась точка зрения, что гиппокамп ответствен за формирование долговременной памяти. Первые свидетельства о связи гиппокампа с памятью были получены при нейрохирургических операциях на мозге.

Классическим примером является феномен канадского больного Х.М., который перенес нейрохирургическую операцию на мозге по поводу эпилепсии. В 1953 г. в возрасте 27 лет ему удалили с двух сторон передние $2/3$ гиппокампа, миндалину и медиальную часть височных долей обоих полушарий. Удаление упомянутых частей мозга имело катастрофические последствия для больного. Он помнил свое имя, нормально пользовался речью со своим обычным словарным запасом, коэффициент интеллекта остался на прежнем уровне. Х.М. помнил все, что происходило задолго до операции, лишь частично утратив память на события, непосредственно предшествовавшие операции. Но он полностью потерял способность включать новую информацию в долговременную память. Иными словами, больной утратил способность запоминать события, возникающие после травмирующего фактора. Такое расстройство памяти получило название *антероградной амнезии*. Нормально общаясь с сотрудниками больницы, Х.М. был не в состоянии их запомнить, хотя видел их ежедневно. Однако, хотя больной и потерял способность запоминать новые события и факты, он хорошо справлялся с формированием новых навыков. Но, обучаясь и совершенствуя свои действия, Х.М. не осознавал, как это происходит, и не отдавал себе отчета в том, что он повторяет упражнения, которые уже делал раньше.

Существуют две гипотезы относительно роли гиппокампа. Согласно одной из них гиппокамп оказывает косвенное влияние на механизмы обучения путем регуляции бодрствования, направленного внимания, эмоционально-мотивационного возбуждения. По второй гипотезе, получившей в последние годы широкое признание, гиппокамп непосредственно связан с механизмами кодирования и классификации материала, его временной организации, т.е. регулирующая функция гиппокампа способствует усилению и удлинению этого про-

цесса и, вероятно, предохраняет следы памяти от интерферирующих воздействий, в результате чего создаются оптимальные условия для консолидации этих следов в долговременную память.

В гиппокампе мотивационное возбуждение гипоталамуса сопоставляется с информацией, поступающей из внешней среды (через перегородку), и со следами ранее накопленного опыта (из коры). Таким образом, гиппокамп, по-видимому, осуществляет двойную функцию: 1) играет роль селективного входного фильтра, который пропускает насущные стимулы, подлежащие регистрации в долговременной памяти, и угашает реакции на посторонние раздражители в данный момент; 2) участвует в извлечении следов из памяти под влиянием мотивационного возбуждения.

Высказывается предположение, что способность к обучению связана с уровнем функциональной активности гиппокампа, которая, в свою очередь, наследственно детерминируется.

Миндалина. В 1937 г. чикагские исследователи Г. Клювер и П. Бьюси опубликовали результаты опытов по удалению у обезьян обеих височных долей вместе с миндалиной и гиппокампом. После операции у обезьян наблюдалось странное поведение. У них пропала всякая агрессивность, в том числе та, которая необходима для самозащиты и поддержания своего статуса во взаимоотношениях с другими особями. Дикие и агрессивные обезьяны после такой операции становились спокойными и доверчивыми. При этом они стали менее осторожными, их сексуальная активность повысилась и стала неупорядоченной. Оперированные животные без разбору исследовали все объекты, даже опасные, забирая их в рот (психическая слепота). Кроме того, обезьяны утратили страх, перестали бояться змей, хотя перед операцией при виде их приходили в ужас. Они как будто перестали отличать хорошую пищу от плохой, пригодного полового партнера от непригодного, опасные предметы и сигналы от безопасных. Подобный комплекс нарушений наблюдался и у больных с повреждением височных долей мозга. Он получил название «синдром Клювера – Бьюси».

Позже было доказано, что исчезновение эмоций страха прежде всего обусловлено нарушением функций миндалины и ее связей с *нижневисочной корой*.

Миндалины у человека — сложное комплексное образование, включающее несколько групп ядер, расположенных в глубине височной доли и имеющих многочисленные связи со многими структурами мозга. Присутствие соматического, вегетативного и гуморального компонентов в составе каждой поведенческой реакции достигается за счет связи миндалины с гипоталамусом. Миндалины обеспечивают быстрое и прочное запечатление в памяти эмоциональных событий часто после одноразового обучения.

Миндалины получают сигналы от всех сенсорных систем. Более сложные поступают от коры, более простые — от специфической таламуса, двухолмия (верхнего и нижнего). К ней также приходят сигналы от нижневисочной коры, где находятся нейроны, избирательно реагирующие на лица определенных людей и на различные паттерны эмоциональной лицевой экспрессии.

В опытах на животных доказано, что миндалины вовлекаются в процесс лицевого восприятия, в ней, как и в нижневисочной коре, выявлены нейроны, реагирующие на определенные лица независимо от их ракурса и ориентации, как и на паттерны лицевой экспрессии эмоций.

Повреждение миндалины у человека нарушает понимание эмоциональных сигналов, исходящих от других людей. При этом особенно сильно нарушается распознавание лицевой экспрессии отрицательных эмоций, прежде всего страха.

Фронтальная кора. Фронтальная кора производит селекцию высокозначимых сигналов, отсеивая второстепенные для данного момента стимулы. После удаления фронтальных отделов неокортекса значение сигналов (часто и редко подкрепляемых) уравнивается, все сигналы становятся одинаково эффективными. Лобные отделы коры имеют разную функциональную причастность. Дорсальные области (связаны анатомически с гиппокампом) обнаруживают преимущественную причастность к «информационным» системам мозговых образований. Вентральные отделы (связаны с миндалиной) в большей степени причастны к «мотивационной» системе.

Лобная кора имеет прямое отношение к рабочей памяти. Рабочая память — это временно актуализированная система следов памяти, которая оперативно используется во время выполнения различных

когнитивных действий (перцептивных, мыслительных и др.) и реализации целенаправленного поведения. Иначе говоря, рабочая память — это информация, хранящаяся в долговременной памяти, но извлекаемая для выполнения различных действий. Она включает в себя две составляющие: систему удержания информации и систему ее сличения с текущим сигналом.

Термин «рабочая память» был введен, чтобы избежать путаницы с кратковременной памятью, которая относится к кратковременному сохранению следов сенсорных стимулов. Термин «рабочая память» применяется исключительно для следов, извлеченных из памяти.

П. Голдман-Ракич (1992) исследовала участие нейронов префронтальной коры в рабочей памяти обезьяны. Нейроны, сохраняющие информацию о пространственном положении цели, получили название *нейронов памяти*, которые активируются в период отсрочки. Кроме рассмотренных нейронов была выделена группа клеток, которая пространственно-селективно реагировала только на появление и исчезновение целевого стимула. Такие нейроны названы *сенсорными*. Третья группа нейронов возбуждалась перед началом двигательного акта, поэтому их называли *нейронами моторных программ*.

Актуализация различного рода информации в режиме рабочей памяти предполагает участие разных отделов префронтальной коры. Непространственная зрительная рабочая память (на лица, объекты) использует нижнюю часть префронтальной коры. Пространственная зрительная рабочая память, используемая при игре в шахматы, во время ориентирования по карте, запоминания места, где находится объект, ландшафта, картин, а также при удержании в памяти местоположения целевого стимула в опытах с временной задержкой у человека и обезьяны, обеспечивается дорзолатеральной префронтальной корой. Семантическое кодирование и воспроизведение, так же как и другие вербальные процессы, связаны с активацией инсулярной и (или) передней префронтальной области.

Префронтальная кора тесно взаимодействует с основным хранилищем информации — *теменной и нижневисочной ассоциативными зонами коры*. В процессе программирования поведения и двигательных актов информация, хранящаяся в теменной и нижневисочной

коре, считывается на нейроны префронтальной коры через их прямые связи.

Сведения о внешней среде поступают в лобные отделы коры как от сенсорных проекционных зон, так и через *ассоциативные ядра таламуса*. На основе этой информации и извлеченных из памяти энграмм фронтальной корой строится программа реализации двигательного поведенческого акта.

Таким образом, существуют разные уровни и механизмы памяти, но все они тесно связаны между собой. Память нельзя рассматривать как нечто статичное, находящееся строго в одном месте или небольшой группе клеток. Мозг действует как функциональная система, насыщенная разнообразными связями, которые лежат в основе регуляции процессов памяти.

Глава 6. ПОТРЕБНОСТИ И МОТИВАЦИИ

Потребности представляют собой тот фундамент, на котором строится все поведение и вся психическая деятельность человека. Единого определения потребности нет. Разные исследователи определяют потребность по-разному, порой весьма сложно. И.П. Павлов обозначал потребность как рефлекс цели. В одних случаях потребность рассматривается «как некоторая вещь или некоторое состояние дел, которое улучшило бы благосостояние организма», в других — «как внутреннее состояние организма, который нуждается в вещи или состоянии дел» (Большой толковый психологический словарь, 2000, т. 2, с. 94). Иногда потребность рассматривают как эквивалент влечения. В общем смысле *потребность* — это то, что необходимо организму, это нужда организма в чем-либо.

Известно, что нормальный уровень обмена веществ и энергии может поддерживаться только при определенном содержании в организме ряда продуктов жизнедеятельности, при их постоянном потреблении, накоплении и разрушении. Увеличение или снижение содержания этих продуктов в организме существенно меняет его жизнеспособность. Приобретенные в процессе эволюции механизмы саморегуляции обеспечивают организму поддержание концентрации этих веществ во внутренней среде на относительно постоянном уровне

(*гомеостаз*). Этот уровень основных жизненно важных веществ в организме характеризуется как определенные *константы внутренней среды*. К таковым относятся уровень содержания в крови питательных веществ, ее газовый состав, осмотическое давление, температура и пр.

В результате непрерывного обмена веществ внутренние константы крови имеют тенденцию к колебаниям (*гомеокинез*), но восстанавливаются до требуемого уровня задолго до наступления существенных сдвигов в обмене веществ.

Однако такой автоматически *саморегулирующийся* механизм (с внутренним контуром обратной связи) действует в определенных пределах и с разной скоростью. Но в тех случаях, когда отклонение от нормальных констант становится слишком значительным и не поддается коррекции с помощью автоматической саморегуляции, вступают в действие более высокие уровни саморегуляции (с внешним контуром обратной связи), связанные с потреблением определенных веществ из внешней среды или выведением продуктов обмена из организма. Более высокие уровни саморегуляции достигаются благодаря целенаправленному поведению.

Любой живой организм может существовать лишь при периодическом потреблении из внешней среды питательных веществ, воды, минеральных солей и т.д.

Биологическая потребность — это не любая физиологическая нужда организма, а только та, которая достигает определенной пороговой величины и которую организм устраняет через *поведение*.

6.1. Классификация потребностей

Единая классификация потребностей не сформирована, хотя три главные группы определены: биологические (витальные), социальные и идеальные потребности (познание окружающего мира, творчество и т.п.).

Биологические потребности направлены на сохранение целостности индивида и вида (витальная функция). Они определяют пищевос, оборонительное поведение и т.д. У человека нет чисто биологи-

ческих потребностей, так как их удовлетворение всегда опосредовано влиянием социальной среды.

Зоосоциальные потребности животных реализуются через взаимодействие с другими особями своего вида во время полового, родительского, территориального поведения.

Социальные потребности человека включают его стремление принадлежать к определенной социальной группе и занимать в ней определенное место в соответствии с субъективным представлением человека о иерархии данной группы.

Среди социальных потребностей особо должна быть выделена потребность человека следовать поведенческим, нравственным, эстетическим нормам, принятым в том обществе, к которому он принадлежит. Без этой социальной потребности существование социальных сообществ было бы невозможно.

Идеальные потребности создают основу для саморазвития индивида. К ним относят потребность в новизне, получении новой информации, которая реализуется в ориентировочно-исследовательском поведении. К этой же группе П.В. Симонов (1987) относит и потребность преодоления, основу которой составляет специфическая реакция, открытая И.П. Павловым и названная им рефлексом свободы. В частности, она проявляется в сопротивлении животного попыткам ограничить его двигательную активность. Эта потребность наиболее выражена у диких животных, у которых она доминирует над многими другими. Некоторые исследователи выделяют у животных также специфическую потребность в компетентности — в стремлении даже без специального подкрепления повторять одни и те же действия, что приводит к совершенствованию двигательных навыков (например, повторяющиеся клевательные движения цыпленка в отсутствие пищи). Данная потребность реализуется в подражательном (имитационном) и игровом поведении.

К *идеальным потребностям* человека относится потребность в познании окружающего мира и своего места в нем, познании смысла и назначения своего существования. Ее основу составляет потребность в новой информации, которая уже у животных обнаруживает себя в ориентировочно-исследовательском поведении.

Однако много других потребностей здесь не учтено, некоторые социальные потребности, например стремление к творчеству, отнесены к идеальным потребностям, которые по своему происхождению являются социальными. В.М. Смирнов и С.М. Будылина (2004) предлагают классификацию потребностей, в основе которой лежит их происхождение.

1. *Биологические потребности*, происхождение которых связано с сохранением жизни индивида и вида. В эту группу можно включить следующие потребности:

- потребность гомеостазиса, т.е. поддержания постоянства внутренней среды, нарушение которого ведет к возникновению специфических ощущений, что побуждает организм к удовлетворению этой потребности. Например, при недостатке воды в организме или высоком осмотическом давлении возникает жажда, которая побуждает организм к поиску воды и потреблению ее, что устраняет жажду и удовлетворяет эту потребность. При недостатке питательных веществ возникает ощущение голода, что формирует пищевое поведение — поиск, добывание и потребление пищи. К этой же группе относятся потребности в испражнении и мочевыведении;
- потребность в сохранении — самосохранении и сохранении вида;
- родительские потребности — воспроизведение и охрана потомства;
- половая потребность;
- потребности в труде и отдыхе, в том числе и в сне. Движение человеку так же необходимо, как и отдых.

2. *Бытовые потребности* (в одежде, жилье, санитарии и т.п.). Санитарный инстинкт у человека утратился и перешел в разряд бытовых потребностей, так же как и потребность человека в территории (у животных — инстинкт территориального поведения).

3. *Социальные потребности*, происхождение которых связано со средой обитания. Они так же характерны для животных и человека, как и биологические потребности. Перечислим основные социальные потребности человека:

- стремление принадлежать к определенной социальной среде и иметь желаемую профессию;
- стремление соблюдать нормы поведения в рамках критериев нравственности общества;
- стремление к успеху (лидерство, творчество, спортивные и производственные достижения, успехи в учебе на различных ступенях образовательной лестницы, компетентность, профессионализм и т.п.).

Именно социальная среда формирует все эти и подобные им потребности. У Маугли тоже формируется потребность в успехе, но она имеет иное происхождение и значение, нежели потребность в успехе человека в его социальной среде.

Поэтому так называемые идеальные потребности, например потребность в творчестве, имеют социальное происхождение, и они должны включаться в группу социальных потребностей, как и некоторые другие. Именно социальная среда определяет характер этих потребностей.

4. *Потребности в свободе и исследовании* (потребность в исследовании неизвестной, загадочной среды, обстановки, стремление преодолевать трудности и т.п.). Эти потребности не связаны друг с другом своим происхождением, но они очевидны. Особенно ярко они выражены у диких животных, но несомненно присущи и человеку, играя исключительно важную роль в его жизнедеятельности. Так, потребность в свободе находит свое отражение в таких понятиях, как свобода слова, собраний, выбора профессии, свобода и независимость своей Родины и т.п. Стремление к исследованию «неизвестности» приводит к открытиям.

Выделяют две группы факторов, побуждающих к ориентировочно-исследовательскому поведению. С одной стороны, это дефицит активации в организме, который побуждает к поиску стимулов, способных его активировать. Таким свойством обладают стимулы, характеризующиеся новизной, сложностью, изменением, неопределенностью, двусмысленностью. Д. Берлайн обозначает этот вид поведения, направленный на поиск стимуляции, как разнонаправленное исследование. С другой стороны, исследовательская деятельность побуждается недостатком, *неопределенностью полученной информации*.

Человек с трудом переносит неопределенность, загадочность, и для устранения этого состояния, по-видимому, существует особая форма ориентировочно-исследовательской деятельности в виде направленной любознательности. Ее цель — получить недостающие, уточняющие сведения и тем самым снизить неопределенность.

Потребности формируют мотивации, которые, в свою очередь, обеспечивают не только сохранение жизни, но и достижение успехов в различных сферах деятельности.

6.2. Мотивации

Истинная метаболическая потребность возникает в тканях организма. Любые, даже незначительные отклонения во внутренней среде организма немедленно воспринимаются многочисленными рецепторами. Это баро-, механо-, термо-, осмо-, глюкорецепторы и др., т.е. рецепторы, реагирующие на изменение давления, на механические, температурные воздействия, изменение осмотического давления крови, содержание глюкозы в крови.

Рецепторы внутренней среды (интероцепторы) обеспечивают непрерывное наблюдение за состоянием внутренней среды организма. Их возбуждение адресуется в специальные подкорковые отделы мозга, прежде всего в ядра гипоталамуса. Начинает работать гомеостатический механизм, автоматически компенсирующий возникший во внутренней среде сдвиг.

Если же отклонения во внутренней среде достигают таких величин, которые не могут быть скомпенсированы гомеостатической саморегуляцией, то включается второй механизм в виде специализированного поведения. Таким образом, мотивация возникает только тогда, когда мотивационное возбуждение в ЦНС достигнет пороговой величины.

Поведение, направленное на удовлетворение возникшей потребности, называют *мотивированным поведением* или *мотивацией*.

Общепринятого определения понятия мотивации пока не сформировалось. Согласно нашим представлениям, *мотивация* — это побуждение организма к действию с целью удовлетворения существующей у него потребности. Таким образом, мотивация формируется потребно-

стью организма — биологической, социальной, потребностью в свободе или исследовательской деятельности. Следует подчеркнуть, что мотивация — идеальное, субъективное отражение протекающих в организме материальных процессов либо отражение иной реальной действительности, например социальной потребности. Мотивацию может вызвать любая потребность, когда никакого отклонения показателей внутренней среды нет: мотивация спортсмена — достичь высокого результата, абитуриента — поступить в вуз и т.п.

Согласно одной точке зрения, мотивацию следует рассматривать как *состояние*, которое развивается в структурах ЦНС во время поведения. Объективно оно выражается в изменении электрической активности мозга, биохимии мозга и, по-видимому, в изменениях на молекулярном уровне. В субъективном плане мотивации соответствует появление определенных переживаний. Так возникает чувство жажды, которое мы испытываем, не напившись воды, или чувство голода, когда давно не ели.

Другой подход связан с пониманием мотивации как некоторого начального толчка (побуждения), который всегда переходит в поведение, характеризующееся наличием определенной цели, т.е. *мотивация — это само целенаправленное поведение*.

Таким образом, термин «мотивация» имеет двойной смысл: 1) мотивация как состояние (например, чувство голода); 2) мотивация как намерение действовать (например, удовлетворение чувства голода).

6.2.1. Виды и свойства мотиваций

Мотивации подразделяют обычно на три группы: биологические, социальные и идеальные (этические, духовные). Наиболее распространенная классификация видов мотиваций предложена Н. Миллером (1960). Он выделяет *низшие*, или *первичные*, мотивации, называя их также инстинктивными или висперальными. Эти же состояния И.П. Павлов рассматривал как основные влечения и относил к ним голод, жажду, страх, половое чувство. К этой же группе могут быть отнесены и наиболее примитивные состояния, которые побуждают к актам мочеиспускания, дефекации и т.д.

Вторую группу мотиваций составляют *высшие*, или *вторичные*, мотивации, которые приобретаются в течение индивидуальной жизни и, хотя и строятся на основе генетически заданных потребностей, в значительной мере опираются на накопленный индивидуальный опыт. Сюда могут быть отнесены все виды мотиваций, которые возникают по законам условного рефлекса.

Следует, однако, заметить, что биологические мотивации не порождают социальные, поэтому они не могут быть первичными относительно социальных мотиваций, появление последних — следствие воспитания обществом. Биологические мотивации, как и социальные, первичны относительно поведения (действия) организма, которое направлено на их удовлетворение. Непонятно также, почему биологические мотивации называют низшими, а социальные — высшими. Аналогия с понятием высшей нервной деятельности здесь некорректна. Неудовлетворение биологических мотиваций, отражающих жизненно важные потребности организма, ведет к его смерти, поэтому биологические мотивации необоснованно называть низшими. Степень «высоты» мотивации определяется ситуацией, обеспечивающей возникновение мотивации.

Доминирующая мотивация. В каждый момент времени доминирует та мотивация, в основе которой лежит наиболее важная биологическая потребность. Сила потребности, т.е. величина отклонения физиологических констант, получает свое отражение в величине мотивации. Консервативный характер доминанты заключается в ее *инертности, устойчивости, длительности*. В этом ее важный биологический смысл для организма, который стремится к удовлетворению биологической потребности. В физиологическом смысле такое состояние доминанты характеризуется определенным уровнем возбудимости центральных структур. Эти структуры отличаются высокой отзывчивостью к разнообразным воздействиям. Но *однажды проявленная доминирующая мотивация возобновляется и живет* даже в порядке чисто нервно-рефлекторного фактора. Поэтому наряду с консервативным началом в доминирующей мотивации как векторе поведения содержится и динамическое начало, поскольку из множества новых впечатлений происходит непрерывный подбор «пригодного», нужного, подкрепляющего данную доминанту.

Первичный очаг возбуждения при формировании доминирующих мотиваций (голод, жажда, секс) возникает в гипоталамусе. Эти первичные очаги ведут к появлению *вторичных очагов* в других отделах мозга, где имеются предпосылки для продолжительного удержания следовых процессов. Кора головного мозга располагает всеми предпосылками для создания в ней вторичных очагов стационарного возбуждения. Принципиальным отличием вторичных очагов от первичных является исходная причина их возникновения. Так, если первичный очаг в гипоталамусе возникает и поддерживается в первую очередь за счет гуморальных факторов, то вторичные очаги в коре больших полушарий являются проекционными по своему происхождению и поддерживаются за счет широкой конвергенции к ним множества суммирующихся здесь сенсорных влияний.

Общие свойства мотиваций. Несмотря на то что виды мотивации различаются своей направленностью и способами удовлетворения потребности, всем им присущи некоторые общие черты:

1. *Активация моторной системы*, наблюдающаяся во время любой мотивации, хотя разные формы мотивации реализуются в разных паттернах двигательного возбуждения. Повышается средний уровень двигательной активности. Возрастает двигательная реактивность на сенсорные стимулы. Индифферентные раздражители приобретают способность стимулировать животное к движению. Повышение моторной активности свойственно голоду, ярости и страху, любопытству. Единственным исключением, по-видимому, является пассивный страх, когда животное замирает на месте.

2. *Повышение тонуса симпатической системы*, выражающееся в вегетативных реакциях: росте частоты сердцебиения, артериального давления, возникновении сосудистых реакций, изменении проводимости кожи. Активация симпатической системы расширяет сосуды в скелетных мышцах, что обеспечивает увеличение притока кислорода к работающим мышцам. Повышение симпатического тонуса осуществляется через нисходящие пути, идущие от лимбической системы, гипоталамуса.

3. *Рост активации сенсорных систем*, позволяющий животному с большей легкостью выявлять биологически значимые и сигнальные

раздражители в окружающей среде. Это выражается в снижении сенсорных порогов, в усилении ориентировочных реакций.

4. *Возрастание поисковой активности*, которая носит целенаправленный характер.

5. *Актуализация памяти*, являющаяся необходимым звеном для реализации поискового целенаправленного поведения, прежде всего образов цели и возможных способов их достижения.

6. *Изменения в ЭЭГ*, в которых отражается специфика мотивационного состояния. В ЭЭГ появляется десинхронизация как отражение усиления активирующих влияний, восходящих к коре от активирующей ретикулярной системы.

7. *Возникновение субъективных эмоциональных переживаний*. Несмотря на то что субъективные переживания страха, голода и других состояний различаются, их объединяет то, что все они относятся к переживаниям с отрицательным эмоциональным знаком. Отрицательный эмоциональный тон — наиболее типичная форма субъективного отражения мотивации. Вместе с тем существует и другой класс субъективных переживаний с положительным знаком, который характеризует особую группу мотиваций: поведение любознательности, стремление к творческой активности.

6.2.2. Физиологические теории мотиваций

Первая группа теорий мотиваций основана на представлении о *сигнализации от периферических органов тела*. В. Кеннон (1932, 1934), Д. Хебб (1949) полагали, что мотивации определяются стремлением организма избежать неприятных эмоциональных ощущений, сопровождающих различные побуждения. Животное угодает жажду, чтобы избавиться от неприятной сухости в полости рта и глотки, поедает пищу, чтобы избавиться от мышечных сокращений пустого желудка, и т.д.

Дальнейшие поиски привели к созданию другой группы теорий, в которых основное внимание уделялось *гуморальным факторам мотиваций*. Так, голод связывался с возникновением так называемой голодной крови, т.е. крови с существенным отклонением от обычной разницы в концентрации глюкозы в артериальной и венозной крови.

Это и рассматривалось в качестве первопричины «голодных» сокращений желудка. Мотивация жажды также оценивалась как следствие изменения осмотического давления плазмы крови или снижения содержания внеклеточной воды в тканях, что может оцениваться специальными рецепторами (осмо- и волюморорецепторы). Половое влечение ставилось в прямую зависимость от уровня половых гормонов в крови.

Для оценки справедливости гуморальных теорий мотиваций существенный интерес представляют наблюдения за двумя парами сросшихся близнецов-сакропагов, выполненные Т.Т. Алексеевой (1958). У этих близнецов была общая система кровообращения и раздельная центральная нервная система. Верхняя часть пищеварительного тракта у них также была раздельной. Оказалось, что кормление одной из девочек, а значит, равномерное распределение питательных веществ в кровеносной системе обоих близнецов никогда не приводило к насыщению второй девочки. Наоборот, у нее длительное время могла поддерживаться потребность в пище. Эти наблюдения, а также многочисленные наблюдения на животных показали, что гуморальные факторы не могут быть первопричиной возникновения биологических мотиваций.

По-видимому, как возникновение мотиваций, так и их удовлетворение имеет множественный генез, в основе которого лежит нейрогуморальный механизм периферического и центрального уровней.

В самих мозговых структурах обнаружены чувствительные нервные клетки, специализированные на восприятии колебаний в содержании определенных химических веществ, а также физических параметров питающих их жидкостей. Основным аппаратом, содержащим такие центральные рецепторы, является гипоталамус. И. Стеллар, выдвинув *гипоталамическую теорию мотиваций* (1954), полагал, что гипоталамус и являетсяместищем «центрального мотивационного состояния».

Эксперименты на животных с электрической стимуляцией и разрушением ядер гипоталамуса показали, что регуляция пищевой, питьевой, оборонительной мотивации осуществляется взаимодействием латерального и вентромедиального отделов в задней области гипоталамуса.

Действительно, в латеральных ядрах гипоталамуса обнаружены осморецепторы, реагирующие на изменение осмотического давления крови. Введение в латеральный гипоталамус гипертонического солевого раствора вызывает усиление потребления воды сверх физиологических потребностей. Известно также, что повреждение латерального гипоталамуса нарушает регуляцию водного баланса, а повреждение переднего гипоталамуса и преоптического ядра полностью устраняет способность к потреблению воды, не лишая, однако, животных возможности принимать пищу. И наконец, раздражение «питьевой» зоны гипоталамуса провоцирует целый комплекс поведенческих реакций, связанных с поисками воды.

Гипоталамус является центром пищевого поведения. Наиболее крупные исследования в этом направлении были проведены Б.К. Анандом и Д.Р. Бробеком (1951), а несколько позже — Ф. Тейтлбом и И. Стелларом из Пенсильванского университета (1954). В опытах на крысах было показано, что в латеральном гипоталамусе располагается центр питания, а в медиальном гипоталамусе — центр насыщения. Впоследствии аналогичные данные были получены на разных животных.

Интересным объектом наблюдения является коза. Сытая коза спокойна, апатична. При раздражении латерального гипоталамуса (центра голода) возникает двигательное беспокойство и поисковое поведение: животное осматривается, хватается за одежду стоящих поблизости людей. При появлении пищи коза жадно ее ест, но стоит убрать корм, снова проявляет двигательное беспокойство, поисковое поведение. С прекращением раздражения животное вновь погружается в состояние апатии. При раздражении вентромедиального гипоталамуса, где расположен центр насыщения, давно не кормленная, голодная коза становится апатичной, перестает есть, отворачивается от пищи, ложится. По прекращении раздражения животное сразу же возвращается к еде.

Центры питания и насыщения находятся в реципрокных отношениях. Потребление пищи определяется тормозными влияниями латеральной области на медиальную.

Со временем теория регуляции мотивации, базирующаяся на представлении о реципрокных взаимоотношениях двух центров, была

поставлена под сомнение, так как основные результаты, подтверждающие существование системы двух центров, были получены с помощью методов электрической стимуляции и разрушения структур гипоталамуса. В этих случаях не исключается, что вызываемые эффекты обусловлены воздействием не столько на изучаемую структуру, сколько на проходящие через нее волокна.

Действительно, современные методы исследования внесли коррективы в традиционное понимание центра голода и центра насыщения. Наличие обширных связей гипоталамуса с различными структурами мозга позволяет рассматривать центр голода и центр насыщения как сложную систему, в которой гипоталамус является своеобразным «дирижером», регулирующим удовлетворение потребностей, в том числе и путем изменения поведения. Однако изучение нейронной активности гипоталамуса, а также создание новых методов разрушения только клеточных структур при сохранности проводящих путей позволили реабилитировать *мотивационную теорию двух центров*. Так, например, если с помощью специальных методов избирательно разрушить нейроны латерального гипоталамуса, оставив неповрежденными соседние клетки и волокна, то у животных развивается афагия (отказ от еды). Также в латеральном гипоталамусе были найдены нейроны, которые активируются вкусом новой пищи.

Сегодня является бесспорным положение о том, что гипоталамические структуры не могут рассматриваться в качестве единственных аппаратов пищевого поведения. Однако гипоталамус занимает низший уровень в лимбической системе и обеспечивает лишь примитивно организованные, лишенные выраженной целенаправленности типы пищевого поведения, так называемые пищевые автоматизмы.

Гипоталамус находится под контролем *миндалины*. Базолатеральная область миндалины тормозит пищевое поведение, по-видимому, через вентромедиальный гипоталамус (центр насыщения). Дорзомедиальная миндалина оказывает на пищевое поведение облегчающее влияние прямо через активацию латерального гипоталамуса.

Функции, осуществляемые миндалиной, в большей мере зависят от факторов внешней среды и ситуации удовлетворения потребностей, чем функции гипоталамуса. Миндалина скорее важна для различения вкусной и невкусной, новой и знакомой пищи, т.е. для форми-

рования ответов на экстероцептивные пищевые стимулы. Согласно П.В. Симонову, главная функция миндалины — выделение доминирующей потребности, подлежащей первоочередному удовлетворению.

Гипоталамус имеет тесные связи с *лобной корой*. Кора больших полушарий головного мозга осуществляет направленный поиск пищи, ее оценку и выбор, а также формирование избирательного аппетита.

При этом исключительная роль гипоталамуса не вызывает сомнений. Этот отдел мозга как комплексный детектор физиологических дисбалансов (температуры, питательных веществ, воды, гормонов, минеральных солей) играет доминирующую роль в отношении путей использования ресурсов организма. Практически ни одну функцию организма нельзя себе представить вне прямой или косвенной зависимости от гипоталамуса.

Наряду с вышесказанным существует и крайняя точка зрения П. Мак-Лина (1970) о жесткой привязке мотиваций к аппаратам лимбической системы. Он считает, что в гипоталамусе локализованы эмоционально окрашенные поведенческие реакции, связанные с рефлексам избегания, нападения, поиска, добывания пищи, воды и пр. В амигдале сосредоточены мотивации голода, жажды, защиты от внешних вредных влияний. Перегородка связана с половым поведением. Противоположной позиции, которая кажется нам более справедливой, придерживается Р.Л. Аисааксон (1978). Он отмечает, что не существует одиночных анатомических образований для одиночных поведенческих функций, как не существует единых поведенческих функций, которые могли бы быть приурочены к анатомическим образованиям таким образом, чтобы эти функции оказывались полезными в любых обстоятельствах и при всех внешних условиях.

6.2.3. Нейрофизиология и нейрохимия мотиваций

К.В. Судаков (1986) сформулировал основные принципы нейрофизиологического обеспечения доминирующих мотиваций:

1. Любая биологическая мотивация обусловлена соответствующей метаболической потребностью и носит системный характер.
2. Потребность трансформируется нейрогуморальным путем в

возбуждение гипоталамических центров, которые активируют другие структуры мозга, в том числе и кору больших полушарий.

3. Коровые и лимбические структуры мозга оказывают специфические для каждой мотивации нисходящие возбуждающие и тормозные влияния на гипоталамические мотивационные центры.

4. Каждое мотивационное возбуждение представляет собой специфическую клеточную и молекулярную интеграцию корково-подкорковых структур.

Избирательное возбуждение одних структурных образований сочетается с избирательным торможением других.

Мотивационные возбуждения существенно меняют конвергентные и дискриминационные способности нейронов разных отделов мозга. Например, раздражение пищевого центра латерального гипоталамуса приводило к тому, что нейроны сенсомоторной коры, ранее не отвечавшие на световые, звуковые и гуморальные раздражения, приобрели способность реагировать на них. С другой стороны, нейроны коры, не отвечавшие ранее на введение кроликам морковного сока, начинали реагировать на эти раздражения после стимуляции центра голода латерального гипоталамуса. Создается впечатление, что мотивационное возбуждение «настраивает» нейроны различных областей мозга на подкрепляющие воздействия.

Биохимической основой формирования мотиваций различного биологического качества является несколько групп биологически активных веществ. Прежде всего это *нейромедиаторы* (ацетилхолин, норадреналин, серотонин, дофамин и др.), которые выделяются нервными окончаниями и служат посредниками в процессе синаптической передачи.

Другую группу составляют *гормоны*, секретируемые железами внутренней секреции, и *нейрогормоны*, вырабатываемые нейросекреторными клетками нервной ткани. Гормоны и нейрогормоны поступают в кровь, лимфу, в тканевую и спинномозговую жидкости и оказывают длительное регулирующее действие на ЦНС и висцеральные органы.

Важную роль в формировании мотиваций играют полипептиды вазопрессин, окситоцин и др., обладающие полифункциональностью: каждый нейропептид имеет необычайно широкий спектр действий,

одновременно участвуя в регуляции множества мозговых функций. Полифункциональность, многоадресность пептидов позволяют им оказывать регулирующее влияние на организм и целом, захватывая как центральные, так и периферические механизмы, обеспечивая тем самым организацию целостных поведенческих актов. Частично это свойство обусловлено их способностью взаимодействовать на субклеточно-молекулярном уровне с «классическими» нейромедиаторами и информационными макромолекулами (ДНК, РНК и белками).

Прерывание синтеза белков в центре голода в гипоталамусе на любой его стадии сопровождается избирательным разрушением пищедобывательного поведения. При этом не страдают оборонительные реакции, вызываемые электрическим раздражением вентромедиального гипоталамуса.

Животным, у которых отмечалось полное угнетение пищевого поведения на фоне блокады синтеза белков, дополнительно вводили различные нейропептиды (АКТГ; октапептид холецистокинина, пентогастрин; пептид, вызывающий дельта-сон). Оказалось, например, что введение пентогастрина вызывает у накормленных кроликов дополнительный прием пищи. При этом электрическая активность нейронов латерального гипоталамуса приобретает тип, характерный для состояния голода.

Показано тормозное влияние *ангиотензина-II* на естественное оборонительное поведение кролика. Внутривенное введение нейропептида *субстанции «Р»* на 35% повышает порог вызова оборонительных реакций. Внутривентральное введение субстанции значительно уменьшает число внезапных смертей у крыс в условиях эмоционального стресса, порождаемого иммобилизацией животного.

Питьевая и пищевая мотивации возрастают под влиянием различных *опиатов*, к которым относится морфин и др. Антагонисты опиатов (налаксон, налтрексон) оказывают противоположный эффект — снижают потребление пищи и воды.

Пептиды очень быстро распадаются в тканях. Длительность их жизни после высвобождения из мест синтеза или хранения измеряется минутами. Однако они способны вызывать отсроченные эффекты. По-видимому, пептиды могут запускать цепь каких-то процессов, ко-

которые разворачиваются уже без их участия, т.е. выполняют лишь пусковую функцию.

Глава 7. ЭМОЦИИ

7.1. Определение и классификация эмоций

Общепринятого определения эмоций не существует. Приведем некоторые из определений, встречающихся в литературе.

«Эмоции — это *субъективные реакции* (курсив наш. — О.С.) человека и животных на внутренние и внешние раздражители, проявляющиеся в виде удовольствия и неудовольствия, радости, страха и т.д.» (Биологический энциклопедический словарь, 1989, с. 734).

В данном определении полностью опущены объективные проявления, которыми сопровождаются эмоции (мимика, жесты, ЧСС, ЧД, АД, потоотделение и т.д.). Именно эта сторона наиболее отчетливо выражена в определении эмоций, данном П.К. Анохиным. Он рассматривает эмоции как *физиологические состояния* организма, имеющие ярко выраженную субъективную окраску и охватывающие все виды чувствований и переживаний человека. П.К. Анохин подчеркивает, что с физиологической точки зрения стоит задача раскрыть механизм тех процессов, которые в конечном итоге приводят к возникновению как отрицательного (потребности), так и положительного (удовлетворение) эмоционального состояния.

В других определениях появляется *фактор значимости, смысла* событий, отраженных в эмоциях. А.Н. Леонтьев отмечает, что эмоции выполняют функцию регулирования активности субъекта путем отражения значимости внешних и внутренних ситуаций для осуществления его жизнедеятельности.

В Токио в 1965 г. П.В. Симонов впервые привел результаты экспериментов, свидетельствующих о том, что любая эмоция человека определяется какой-либо *актуальной потребностью и оценкой вероятности (возможности) ее удовлетворения*. Эту оценку субъект производит, сопоставляя информацию о средствах, необходимых для удовлетворения потребности, с информацией о средствах, которыми он располагает в данный момент. Вероятность удовлетворения мозг

оценивает на основе генетического и ранее приобретенного индивидуального опыта. П.В. Симонов определяет эмоцию через категории потребности и информации.

Термин «эмоция» употребляется в разных смыслах:

1) для обозначения субъективных ощущений, которые можно изучать только путем непосредственного самонаблюдения (интроспекции);

2) для обозначения экспрессивных проявлений при наблюдении за другими особями;

3) для описания сложного поведения типа драки, побега и т.д. Благодаря эмоциональному возбуждению создается эмоциональная окраска текущего поведения, происходит субъективная оценка ситуации.

У. Джеймс — автор одной из первых физиологических теорий эмоций — дал своей статье, опубликованной в 1884 г., весьма выразительное название: «Что такое эмоция?». Тем не менее и сегодня мы не можем дать этому состоянию точное научное определение. В настоящее время не существует единой общепризнанной научной теории эмоций, а также точных данных о том, в каких центрах и каким образом эмоции возникают и каков их нервный субстрат.

Первичные витальные эмоции (страх, ярость, боль и пр.) не являются прерогативой человека, а унаследованы им в процессе эволюционного развития.

По классификации эмоциональных явлений А.Н. Леонтьева выделяется три вида эмоциональных процессов: аффекты, собственно эмоции и чувства.

Аффекты — это сильные и относительно кратковременные эмоциональные переживания, сопровождающиеся резко выраженными двигательными и висцеральными проявлениями. У человека аффекты вызываются как биологически значимыми факторами, затрагивающими его физическое существование, так и социальными, например мнением руководителя, его отрицательной оценкой, принятыми санкциями. Отличительной особенностью аффектов является то, что они возникают в ответ на уже фактически наступившую ситуацию.

Собственно эмоции в отличие от аффектов представляют собой более длительно текущие состояния, иногда лишь слабо проявляю-

щиеся во внешнем поведении. Они выражают оценочное личностное отношение к складывающейся или возможной ситуации, поэтому способны в отличие от аффектов предвосхищать ситуации и события, которые реально еще не наступили. Собственно эмоции возникают на основе представлений о пережитых или воображаемых ситуациях.

Третий вид эмоциональных процессов — это *предметные чувства*. Они возникают как специфическое обобщение эмоций и связаны с представлением или идеей о некотором объекте, конкретном или отвлеченном (например, чувство любви к человеку, к родине, чувство ненависти к врагу и т.д.). Предметные чувства выражают устойчивые эмоциональные отношения.

Особое место среди эмоциональных явлений занимают *общие ощущения*. Причина, по которой эмоции противопоставляются общим ощущениям, состоит в нерегулярном их появлении. Эмоции часто возникают спонтанно и зависят от случайных внешних факторов, тогда как голод, жажда, половое влечение следуют с определенными интервалами.

7.2. Теории эмоций

Ч. Дарвин (1872) создал *биологическую концепцию эмоций*, основанную на сравнительном исследовании эмоциональных выразительных движений у млекопитающих. Они рассматривались как рудимент целесообразных инстинктивных действий, сохраняющих в какой-то степени свой биологический смысл и вместе с тем выступающих в качестве биологически значимых сигналов для особей не только своего, но и других видов. Эти выразительные движения (гнев, страх, радость и др.) и особенно мимические реакции относились к врожденным проявлениям эмоций.

Согласно *теории П.К. Анохина* (1968), эмоции возникли в процессе эволюции как субъективные ощущения, позволяющие животным и человеку быстро оценивать различные внутренние потребности, действие на организм внешних факторов, результаты поведенческой деятельности и, наконец, удовлетворение внутренних потребностей. Как правило, любая потребность сопровождается эмоциональным переживанием отрицательного характера.

Удовлетворение любой потребности сопровождается эмоциональным переживанием положительного характера, т.е. вызывает чувство удовлетворения. Ассоциированная с успешным завершением действия положительная эмоция закрепляется в памяти и начинает выполнять важную роль в механизмах формирования целенаправленной деятельности. Неоднократное удовлетворение потребности, окрашенное положительной эмоцией, способствует обучению соответствующей деятельности, а повторные неудачи в получении желаемого результата тормозят неэффективную деятельность.

В прошлом известной популярностью пользовалась так называемая *периферическая теория эмоций* Джеймса—Ланге. Согласно этой теории, эмоция является вторичным явлением, основанным на приходящих в мозг сигналах об изменениях в мышцах, сосудах, внутренних органах при выполнении поведенческого акта, вызванного эффективным раздражителем. Суть своей теории У. Джеймс выразил формулой: «Мы чувствуем печаль, потому что плачем, мы боимся, потому что дрожим». Причем каждый вид эмоционального переживания жестко детерминирован определенным набором вегетативных реакций.

Эта теория была подвергнута довольно активной критике, особенно со стороны В. Кэннона, который поставил под сомнение ведущую роль обратной связи, поступающей от периферических органов. Исследования В. Кэннона, Ч. Шеррингтона, Д. Хебба и др. показали, что висцеральные проявления эмоций являются вторичными по отношению к мозговому психическому состоянию.

В качестве противопоставления «периферической» теории был предложен ряд «центральных» теорий эмоций. В. Кеннон (1927) и В. Бард (1934) выдвинули *таламическую теорию эмоций*, которая помещает первичный аппарат для проявления эмоций в таламус. Таламические эмоциогенные центры испытывают тормозящее влияние коры головного мозга и немедленно дают разряд, как только освобождаются от кортикальных влияний. При этом условии ощущение получает определенную эмоциональную окраску. Эти же процессы являются причиной эмоциональных выразительных движений. Таким образом, таламус рассматривается как резервуар эмоционального напряжения.

Под влиянием новых факторов все большую силу и убедительность приобретала *лимбическая теория*. Хорошо известный синдром Кловера—Бьюси, выражающийся в снижении эмоциональной реактивности, наблюдался у обезьян после разрушения некоторых глубоких структур мозга: грушевидной доли, миндалины, гиппокампа.

В 1937 г. нейроанатом Джеймс Пейпец, основываясь на клинических наблюдениях, предположил, что в коре больших полушарий должен быть центр, интегрирующий переживания и эмоциональные реакции, который он гипотетически помещал либо в поясную извилину, либо в гиппокамп. Затем Дж. Пейпец присоединил к этим образованиям передние таламические ядра и гипоталамус. Все эти структуры, функционально и морфологически связанные между собой, получили в дальнейшем название *круга Пейпеца*, по которому циркулируют «эмоциональные процессы».

Американский физиолог Пол Мак-Лин (1949) развил представления Дж. Пейпеца. Он предложил *теорию лимбической системы*, или «висцерального мозга», куда включил ряд корковых, подкорковых и стволовых структур. По мнению П. Мак-Лина, лимбическая система получает информацию от внутренних органов и интерпретирует ее в «терминах эмоций», т.е. организует эмоциональное возбуждение и экспрессию. П. Мак-Лин резюмировал свою идею так: различие между новой корой и лимбической системой такое же, как различие между «мы чувствуем» (лимбическая система) и «мы знаем» (неокортекс).

Активационная теория эмоций Д.Б. Линдслея (1960) приписывала основную эмоциогенную функцию активирующей ретикулярной системе ствола мозга. Выраженная эмоциональная реакция возникает лишь при диффузной активации коры с одновременным включением гипоталамуса. Основным же условием появления эмоциональной реакции является наличие активирующих влияний ретикулярной формации при ослаблении коркового контроля за глубокими структурами мозга.

В.Р. Гесс (1932) на основании метода раздражения составил *карты подкорковых эмоционально-мотивационных зон* при раздражении гипоталамуса, а Е. Бовард (1958), развив эти исследования, предположил существование двух *реципрокных гипоталамических*

эмоциональных систем: эмоционально-положительной в передних и латеральных ядрах гипоталамуса и эмоционально-отрицательной в задних и медиальных его отделах.

С этим тесно связано открытие так называемых *подкрепляющих структур мозга* — *положительных и отрицательных* (Д. Олдз, Х. Дельгадо и др.). К системе структур положительного подкрепления относят перегородку, латеральный гипоталамус, медиальный переднемозговой пучок. К системе структур отрицательного подкрепления относят центральное серое вещество, медиальный гипоталамус, миндалину.

А.В. Вальдман (1972) высказывается в пользу отсутствия строгой «жесткой» связи определенного типа эмоций с конкретными морфологическими аппаратами мозга. Эмоциональная реакция при стимуляции мозга — это производное многих внутренних и внешних факторов. Поэтому *эмоции как психические функции не являются строго фиксированной в мозговых системах формой поведения*, а базируются как на врожденных, так и на приобретенных механизмах. Следовательно, попытка топографического распределения эмоций в головном мозгу, как и других психических функций, является отголоском локализационизма.

Попытка раздельного анализа эмоциональных процессов приводит к заключению о том, что эмоции как формы психического состояния вовсе не обязательно должны быть сопряжены с действием. Человек может переживать сильные эмоции, не совершая никаких действий путем их торможения. Торможение двигательных реакций достигается за счет волевых усилий. При этом, однако, вегетативные компоненты эмоций обычно не удается подавить, так как они мало подвержены произвольной регуляции.

П.В. Симонов (1964, 1987) попытался объединить потребностно-мотивационный и информационный факторы генеза эмоций. Им разработана *потребностно-информационная теория эмоций*.

В наиболее общей форме правило возникновения эмоций может быть представлено в виде следующей структурной формулы: $\mathcal{E} = f[-\Pi (I_n - I_c)]$. Здесь $\mathcal{E}$ — эмоция, ее сила, качество и знак; Π — сила и качество актуальной потребности в самом широком смысле слова; $(I_n - I_c)$ — оценка вероятности (возможности) удовлетворения

потребности на основе филогенетического и ранее приобретенного индивидуального опыта, где I_n — информация о средствах и времени, необходимых для удовлетворения потребности; I_c — информация о средствах и времени, которыми субъект располагает в данный момент. Термин «информация» здесь употребляется в прагматическом значении, которое определяется изменением вероятности достижения цели.

Многообразие эмоций, согласно концепции П.В. Симонова, определяется многообразием потребностей. Эмоций столько, сколько потребностей. У человека витальные потребности (голод, жажда и др.) дополнены социальными и идеальными потребностями.

7.3. Функции эмоций

Основное биологическое значение эмоционального переживания состоит в том, что, по существу, только оно позволяет животному и человеку быстро оценить свое внутреннее состояние, возникшую потребность, а также возможности ее удовлетворения в результате уже совершенных действий. В самом деле, мы никогда не оцениваем истинную пищевую потребность в количестве белков, жиров, углеводов, витаминов, солей и т.д. Возникновения ощущения, переживания голода уже достаточно. Удовлетворение потребности также отражается и оценивается в эмоции (например, в ощущении сытости). В процессе деятельности эмоциональные переживания закономерно сменяют друг друга.

Исследователи выделяют несколько функций эмоций: отражательную (оценочную), побуждающую, подкрепляющую, переключательную, коммуникативную.

Отражательная функция эмоций выражается в обобщенной оценке событий. Эмоции отражают вероятность удовлетворения (неудовлетворения) потребности. Они охватывают весь организм и тем самым производят почти мгновенную интеграцию, обобщение всех видов деятельности, которые им выполняются. Это позволяет, прежде всего, определить полезность и вредность воздействующих на него факторов и реагировать раньше, чем будет определена локализация вредного воздействия. Примером может служить поведение человека,

получившего травму конечности. Ориентируясь на боль, человек немедленно находит такое положение конечности, которое уменьшает болевые ощущения.

Отдельным подклассам эмоциональных явлений оценочная функция свойственна не в одинаковой степени. Она более очевидна для таких переживаний, как гнев, ненависть, стыд, поскольку они непосредственно соединяются с реакциями, тогда как для переживаний удовольствия, страдания, радости, скуки не всегда удается определить причины.

Однако оценивает ситуацию не эмоция, а организм в целом. Эмоция же в данном случае мобилизует организм, т.е. выполняет мобилизующую роль.

Оценочная, или отражательная, функция эмоции непосредственно связана с ее *побуждающей функцией*. Эмоция выявляет зону поиска, где будет найдено решение задачи, удовлетворение потребности. Эмоциональное переживание содержит образ предмета удовлетворения потребности и пристрастное отношение к нему, что и побуждает человека к действию.

П.В. Симонов выделяет *подкрепляющую функцию* эмоций. Известно, что эмоции принимают самое непосредственное участие в процессах обучения и памяти. Значимые события, вызывающие эмоциональные реакции, быстрее и надолго запечатлеваются в памяти.

Реальным подкреплением для выработки условного рефлекса (классического и инструментального) является награда. Наградой голодному животному может быть пища. Получение награды ассоциируется с возникновением положительных эмоций. Подкрепляющая функция эмоций наиболее успешно была исследована на экспериментальной модели «эмоционального резонанса», предложенной П.В. Симоновым. Было обнаружено, что эмоциональные реакции одних животных могут возникать под влиянием отрицательных эмоциональных состояний других особей, подвергнутых воздействию электро кожного раздражения. Так, в опытах Л.А. Преображенской собака-«жертва» подвергалась наказанию электрическим током на глазах у собаки-«наблюдателя». При этом у последней возрастала частота сердцебиения и увеличивалась синхронизация гиппокампального тета-ритма. Это указывает на появление у нее негативного эмоциональ-

ного напряжения. В таких условиях собака-«наблюдатель» способна выработать избегательный инструментальный рефлекс (в виде подъема лапы), прекращающий подачу тока собаке-«жертве». Выработка такого инструментального рефлекса у собаки-«наблюдателя» сопровождается снижением у нее ЧСС и уменьшением гиппокампального тета-ритма, т.е. исчезновением отрицательного эмоционального состояния. Следовательно, предотвращение отрицательного эмоционального напряжения и служит той наградой, на которой вырабатывается данный условный инструментальный рефлекс.

Переключательная функция эмоций особенно ярко обнаруживается при конкуренции мотивов, в результате которой определяется доминирующая потребность. Так, в экстремальных условиях может возникнуть борьба между естественным для человека инстинктом самосохранения и социальной потребностью следовать определенной этической норме, она переживается в форме борьбы между страхом и чувством долга, страхом и стыдом. Исход зависит от силы побуждений, от личностных установок. Но и в этом случае эмоция мобилизует внимание человека для более правильного решения задачи.

Таким образом, оценочная, побуждающая и переключательная функции эмоций могут быть по своей сути сведены к одной — *мобилизующей функции*. Эмоция мобилизует физические и интеллектуальные ресурсы организма, она способствует сосредоточению внимания, обостряет мыслительную деятельность и чувствительность анализаторов, облегчает запоминание большего объема информации и на более длительный срок, повышает спортивные достижения и т.п. Однако отрицательная астеническая эмоция сопровождается демобилизацией ресурсов организма.

По-видимому, можно говорить и о *коммуникативной функции* эмоций. Мимические и пантомимические движения позволяют человеку передавать свои переживания другим людям, информировать их о своем отношении к явлениям, объектам и т.д. По мнению ряда исследователей, около 90% эмоционального общения происходит на неречевом (несемантическом) уровне. При восприятии речи независимо от ее содержания мы можем судить об эмоциональном состоянии партнера (например, об аффектах тоски или тревоги) по таким показателям, как средняя длительность чистой речи, продолжительность

пауз, отношение времени пауз к общему времени высказывания и скорость артикуляции. Подчеркнем, что оценка эмоционального состояния партнера по его мимике имеет собственный мозговой механизм. Исследование нейронной активности у обезьян показало, что в основе идентификации эмоций по мимике лица лежит активность отдельных нейронов, селективно реагирующих на эмоциональное выражение. Нейроны, реагирующие на лица с выражением угрозы, обнаружены в верхней височной коре и в миндалине у обезьян. Не все проявления эмоций одинаково легко идентифицируются. Легче распознается ужас (57% испытуемых), затем отвращение (48%), удивление (34%). По ряду данных, наибольшую информацию об эмоции содержит выражение рта. Идентификация эмоций возрастает вследствие научения. Однако некоторые эмоции начинают хорошо распознаваться уже в самом раннем возрасте. Так, 50% детей в возрасте до 3 лет распознавали реакцию смеха на фотографиях актеров, а эмоцию боли — в возрасте 5—6 лет.

Эмоции влияют на здоровье организма. Положительные эмоции оказывают благотворное влияние на состояние здоровья человека. Н.И. Пирогов заметил, что солдаты побеждающей армии выздоравливают быстрее, а И.П. Павлов отмечал, что положительная эмоция делает человека здоровым, отрицательная же разрушает организм. Английский врач XVII в. Т. Сиденгем также считал, что прибытие в город паяца для здоровья жителей важнее, чем 10 мулов, нагруженных лекарствами.

7.4. Физиологические проявления эмоций

Эмоции сопровождаются значительными изменениями функций внутренних органов и систем организма. Они вовлекают в усиленную деятельность лишь те системы организма, которые обеспечивают лучшее взаимодействие его с окружающей средой. Характер внешних (поведенческих) реакций или интенсивность деятельности внутренних органов зависит от ситуации, вызвавшей эмоцию.

Эмоции могут выражаться не только в *двигательных реакциях*: мимике, жестах, но и в *уровне тонического напряжения мышц*. В клинике мышечный тонус часто используется как мера аффекта. Многие

Многие рассматривают повышенный мышечный тонус как показатель отрицательного эмоционального состояния (дискомфорта), состояния тревоги. Тоническая реакция диффузна, генерализована, захватывает все мышцы и тем затрудняет выполнение движений. В конечном счете она ведет к тремору и хаотичным, неуправляемым движениям.

Большую роль в изучении экспрессивных движений сыграла опубликованная в 1872 г. работа Ч. Дарвина «Выражение эмоций у человека и животного». Сравнивая проявление эмоций у человека и у домашних животных, он пришел к заключению, что движения мышц, при помощи которых человек выражает свои эмоции, произошли от аналогичных двигательных актов наших предков.

Современные исследователи согласны с Ч. Дарвином в том, что мимика возникла в эволюционном процессе и выполняет важную адаптивную функцию. В ряду позвоночных лицевая мускулатура претерпевает изменения от полного отсутствия у низших животных до хорошо развитой системы лицевых мышц у приматов и становится предельно дифференцированной у человека.

Кросскультурные исследования распознавания лицевой экспрессии показали, что основные эмоции (гнев, страх, счастье, удивление, печаль, отвращение) одинаково проявляются и узнаются в обществах с различной культурой и традициями. Это доказывает, что лицевая экспрессия основных эмоций обеспечивается врожденными нейронными программами.

Генетическая обусловленность реакций лицевых мышц, выражающих эмоциональные переживания, подтверждается ранним созреванием их двигательных комплексов. Все мышцы лица, необходимые для выражения эмоций, формируются у плода уже к 15—18-й неделе жизни. А к 20-й неделе у эмбриона можно наблюдать мимические реакции. К моменту рождения ребенка механизм лицевой экспрессии уже полностью сформирован и может быть использован в общении.

Лицо человека и даже его схематическое изображение — значимый стимул для новорожденного. Об этом можно судить по длительности его фиксации глазами, по частоте обращения внимания на него, по появлению вегетативного компонента ориентировочного рефлекса (снижению ЧСС). Ребенок предпочитает рассматривание

человеческого лица любому другому стимулу (шахматной доске, изображению различных животных).

Лица, страдающие от различных конфликтов, особенно имеющие невротические отклонения, характеризуются, как правило, большей скованностью движений, чем другие. Р. Мальмо с сотрудниками показали, что мышечная напряженность у психических больных выше, чем в контрольной группе.

Одним из наиболее чувствительных индикаторов изменения эмоционального состояния человека является его *голос*. Разработаны специальные методы, позволяющие по голосу распознавать возникновение эмоциональных переживаний, а также дифференцировать их по знаку (на положительные и отрицательные). При отрицательных эмоциях в голосе преобладают низкие частоты, а при положительных — высокие.

Важным компонентом эмоций являются изменения *активности вегетативной нервной системы*. Вегетативные проявления эмоций весьма разнообразны: изменение температуры и сопротивления кожи (КГР), частоты сердечных ударов, кровяного давления, гормонального и химического состава крови и другие реакции. Известно, что во время ярости повышается уровень норадреналина и адреналина в крови, учащается ритм сердца, перераспределяется кровоток в пользу мышц и головного мозга, расширяются зрачки и т.д. Благодаря этим эффектам животное подготавливается к интенсивной физической деятельности, необходимой для выживания.

При возникновении эмоционального напряжения объем вегетативных сдвигов (учащение сердцебиений, подъем кровяного давления, выброс в кровяное русло гормонов и т.д.), как правило, превышает реальные нужды организма. По-видимому, процесс естественного отбора закрепил целесообразность этой избыточной мобилизации энергетических ресурсов. Когда неизвестно, сколько и чего потребуется в ближайшие минуты, лучше пойти на излишние траты, чем в разгар напряженной деятельности — борьбы или бегства — остаться без достаточного метаболического обеспечения.

Однако попытка отнести все эти вегетативные реакции к показателям собственно эмоциональных состояний вызывает возражение, так как обнаружено большое сходство вегетативного реагирования

при эмоциях и психическом напряжении с минимальной эмоциональной составляющей, например при решении арифметической задачи. По существу, многие вегетативные показатели сходным образом изменяются под влиянием как эмоционального, так и неэмоционального напряжения.

Другим обстоятельством, затрудняющим выделение вегетативных индикаторов собственно эмоций, является то, что характер вегетативного реагирования по группе показателей существенно зависит от типа решаемой задачи, а также от индивидуальных особенностей субъекта.

Особую группу эмоциональных реакций составляют изменения *биотоков головного мозга*. Физиологи считают, что у животных ЭЭГ-коррелятом эмоционального напряжения является ритм настояраживания (или гиппокампаальный тета-ритм). У человека такого яркого ЭЭГ-показателя эмоционального состояния, каким является гиппокампаальный тета-ритм животного, найти не удастся. Ритм, подобный гиппокампаальному тета-ритму, у человека вообще плохо выражен.

Эмоциональные состояния человека находят отражение в ЭЭГ скорее всего в изменении соотношения основных ритмов: дельта-, тета-, альфа- и бета-. Изменения ЭЭГ, характерные для эмоций, наиболее отчетливо возникают в лобных областях. По некоторым данным, у лиц с доминированием положительных эмоций регистрируются альфа-ритм и медленные составляющие ЭЭГ, а у лиц с преобладанием гнева — бета-активность.

Выявление ЭЭГ-индикаторов эмоциональных состояний сталкивается с необходимостью дифференцировать их от изменений ЭЭГ, возникающих при неэмоциональных нагрузках, которые нередко сопровождаются сходными изменениями частотного спектра ЭЭГ.

По некоторым данным, появление эмоциональных состояний сопровождается изменениями электрической активности *миндалины*. У пациентов с вживленными в миндалину электродами при обсуждении эмоционально окрашенных событий обнаружено усиление в ее электрической активности высокочастотных колебаний.

7.5. Нейроанатомия и нейрохимия эмоций

Первая наиболее стройная концепция, связывающая эмоции с функциями определенных структур мозга, была опубликована в 1937 г. Она принадлежит американскому невропатологу Дж. Пейпецу. Изучая эмоциональные расстройства у больных с поражением гиппокампа и поясной извилины, он выдвинул гипотезу о существовании единой системы, объединяющей ряд структур мозга и образующей мозговую субстрат для эмоций. Эта система представляет собой замкнутую цепь и включает: *гипоталамус — передневентральное ядро таламуса — поясную извилину — гиппокамп — мамиллярные ядра гипоталамуса*. Она получила название *круга Пейпеца* (рис. 3). В 1952 г.

П. Мак-Лин, учитывая, что поясная извилина как бы окаймляет основание переднего мозга, предложил назвать ее и связанные с ней другие структуры мозга *лимбической системой* (от лат. *limbus* — край). Источником возбуждения для этой системы является гипоталамус. Сигналы от него следуют в средний мозг и нижележащие отделы для инициации вегетативных и моторных эмоциональных реакций. Одновременно нейроны гипоталамуса через коллатерали посылают сигналы в передневентральное ядро в таламусе. По этому пути возбуждение передается к поясной извилине коры больших полушарий.

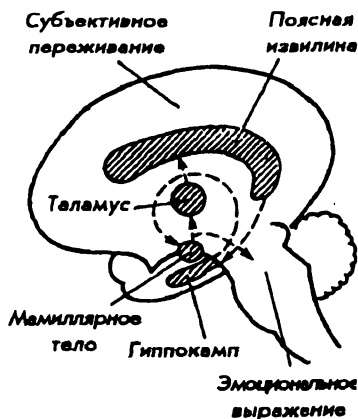


Рис. 3. Структурная основа эмоций (по Дж. Пейпецу)

Поясная извилина, по Дж. Пейпецу, является субстратом осознанных эмоциональных переживаний и имеет специальные входы для эмоциональных сигналов, подобно тому как зрительная кора имеет входы для зрительных сигналов. Далее сигнал из поясной извилины через гиппокамп вновь достигает гипоталамуса в области его *мамиллярных тел*. Так нервная цепь замыкается, путь от поясной извилины связывает субъективные переживания, возникающие на уров-

не коры, с сигналами, выходящими из гипоталамуса для висцерального и моторного выражения эмоций.

Однако сегодня красивая гипотеза Дж. Пейпеца приходит в противоречие со многими фактами. Так, под сомнением оказалась роль гиппокампа и таламуса в возникновении эмоций. Из всех структур круга Пейпеца наиболее тесную связь с эмоциональным поведением обнаруживают гипоталамус и поясная извилина.

Наиболее убедительные данные о нейроанатомии эмоций получены в отношении тех мозговых структур, которые определяют знак эмоций. Опыты на животных с электрической стимуляцией и разрушением мозга, а затем и с самостимуляцией мозговых структур показали существование двух типов центров, возбуждение которых вызывает эмоции с противоположным знаком (приятные и неприятные). Впервые об этом заговорили в 1954 г. на Международном физиологическом конгрессе в Монреале (Канада). П. Милнер и Дж. Олдс продемонстрировали эффект самораздражения у крыс. Вживив электроды в медиальный переднемозговой пучок в области латерального гипоталамуса, они поместили крысу в ящик, где находился рычаг, при нажатии на который в мозг крысы посылался удар тока. Перемещаясь в клетке, крыса случайно задевала рычаг, производя, таким образом, самораздражение этого участка мозга. Со временем крыса все больше времени проводила у рычага и все чаще производила нажимы на него, создавая постоянное самораздражение, когда частота нажима на рычаг достигала до 7 тыс. за один час.

Подробное исследование всех структур мозга с применением метода самораздражения показало, что стимуляция практически всей лимбической системы, лобных долей, латерального гипоталамуса и путей от среднего мозга, моста и верхних отделов продолговатого мозга оказывает положительный подкрепляющий эффект. Этот эффект наиболее выражен при раздражении медиального пучка переднего мозга. К системе структур отрицательного подкрепления относят центральное серое вещество, медиальный гипоталамус, миндалину.

Результаты опытов с самораздражением, полученные в опытах на животных, применимы также и к человеку. Когда больному во время нейрохирургической операции дают возможность раздражать собственный мозг, то при этом раздражении могут возникать прият-

ные или неприятные ощущения. Больные описывают эти ощущения как удовольствие, радость, покой, комфорт или, напротив, как уныние, беспокойство, тревогу, страх.

Области мозга, раздражение которых ведет к подкреплению или избеганию, получили соответственно названия *центров удовольствия и неудовольствия*. Кроме того, оказалось, что и многие другие структуры мозга, не входящие в состав круга Пейпеца, оказывают сильное влияние на эмоциональное поведение. Среди них особая роль принадлежит миндалине, лобной и височной коре головного мозга.

Важные эмоциогенные свойства обнаруживает *миндалина*. У высших животных она расположена в коре, в основании височной доли. По данным В.М. Смирнова, электрическая стимуляция миндалины у пациентов вызывает эмоции страха, гнева, ярости и редко удовольствия. Ярость и страх вызываются раздражением различных отделов миндалины.

По мнению ряда исследователей, эмоциональные функции миндалины реализуются на сравнительно поздних этапах поведения, после того как актуализированные потребности уже трансформировались в соответствующие эмоциональные состояния. Миндалина взвешивает конкурирующие эмоции, порожденные конкурирующими потребностями, и тем самым определяет выбор поведения. Миндалина получает обширную информацию о внешнем мире. Ее нейроны реагируют на световое, звуковое и кожное раздражение. Среди них есть нейроны, которые проявляют разную активность на лица с выражением угрозы и без него. Информацию об идентифицированных эмоциональных выражениях лица миндалина, по-видимому, получает от *верхней височной коры*, где у обезьян обнаружены нейронные детекторы, настроенные на выделение эмоциональных выражений лица инвариантно к его ракурсу, ориентации, деталям и т.д.

Тесные связи височной коры с миндалиной обуславливают и сходство нарушений эмоционального состояния, которые обнаруживаются при повреждении этих областей. Так, билатеральное удаление у обезьян височных полюсов, как и разрушение миндалины, ведет к подавлению агрессивности и страха у животных.

В регуляции эмоций особое значение имеют *лобная кора*. Поражение лобных долей приводит к глубоким нарушениям эмоциональ-

ной сферы человека. Преимущественно развиваются два синдрома: эмоциональная тупость и растормаживание низших эмоций и влечений. При этом в первую очередь нарушаются высшие эмоции, связанные с деятельностью, социальными отношениями, творчеством.

Передняя лимбическая кора контролирует эмоциональные интонации, выразительность речи у человека. После двустороннего кровоизлияния в этой зоне речь пациента становится эмоционально невыразительной.

Интенсивность эмоционального напряжения безотносительно к его знаку связывают с активностью *теменновисочных отделов правого полушария*. Именно от нее зависит выход эмоционального напряжения на вегетативные функции.

Важную роль в генезе эмоций играют биологически активные соединения. Предполагают, что модальность, качество эмоций, а также их интенсивность определяются отношением норадренергической, дофаминергической, серотонинергической, холинергической систем, а также нейропептидами, включая эндогенные опиаты.

Согласно точке зрения С. Кети, с ростом концентрации *серотонина* в мозге настроение у человека поднимается, а его истощение вызывает состояние депрессии.

Состояние депрессии связывают и с недостатком *норадреналина*. Причем дефицит норадреналина проявляется депрессией тоски, а недостаток серотонина — депрессией тревоги. Положительный эффект электрошоковой терапии, в 80% случаев устраняющей депрессию у пациентов, связан с усиленным синтезом и ростом концентрации норадреналина в мозге. Вещества, ингибирующие моноаминоксидазу (фермент, расщепляющий катехоламины) и повышающие таким образом содержание норадреналина и дофамина в нервных окончаниях, улучшают настроение.

Нарушения в функционировании *холинергической системы* ведут к психозу с преимущественным поражением интеллектуальных процессов. Предполагается, что холинергическая система главным образом обеспечивает информационные компоненты поведения.

Соотношение активности холинергической и адренергической систем обуславливает состояние агрессивности. Триггерный механизм агрессии — холинергический, а за эффекторные проявления аг-

рессии ответственен норадреналин. Повышение агрессивности исследователи склонны объяснять ростом концентрации норадреналина и ослаблением тормозного влияния серотонина. Интересно, что у прирученных животных содержание серотонина в мозге больше, чем у диких.

Хорошей экспериментальной моделью для изучения биохимической природы эмоций является феномен самостимуляции мозга. Оказалось, что самый сильный эффект самораздражения связан с гипоталамусом, медиальным переднемозговым пучком и перегородкой. При электрической самостимуляции мозга через вживленные электроды животные проявляют удивительную настойчивость в стремлении продолжить самораздражение. Это навело на мысль, что самостимуляция сопровождается положительными эмоциями, которые животное стремится продлить. Все пункты самостимуляции объединяет то, что они совпадают с локализацией норадренергических и дофаминергических структур, и, следовательно, феномен самораздражения связан с участием двух основных катехоламинергических систем: норадренергической и дофаминергической. Черная субстанция и хвостатое ядро также относятся к дофаминергической системе. Дофаминергические структуры мозга обладают повышенной чувствительностью к естественным и искусственным опиатам. Взаимодействие опиатов с моноаминами на уровне клетки создает качественно новый эффект. Психотропные вещества, вмешиваясь в процессы «химической интеграции» нейронов, могут менять информационное значение сигнала для данного индивида.

Животные, как и человек, имеют тенденцию принимать стимуляторы (кокаин, амфетамин) и опиаты (героин, морфин). Действие этих веществ можно сравнить с действием электрического раздражения на центры положительного подкрепления. Наркотики действуют не только на центры награды, стимулируя их. Параллельно они тормозят центры отрицательного подкрепления (наказания). Поведенчески частично это проявляется в изменении структуры защитных реакций: усиливается роль активно-оборонительного поведения и подавляется пассивная форма защиты, снимаются страх, тревожность. При прекращении введения наркотика возникает отрицательное состоя-

ние, которое также стимулирует применение наркотика, чтобы снять это состояние.

Состояние *эйфории*, вызываемое наркотиком, является той положительной эмоцией, которая работает как сильное положительное подкрепление и обеспечивает быстрое формирование устойчивых условных связей данного состояния с различными внешними стимулами, обстановкой и др. Наркотическая эйфория подобна эффекту, вызываемому активацией дофаминергических центров положительного подкрепления.

Связь наркотика с положительной эмоцией объясняет механизм инициации поведения «поиска наркотика».

Стимулы, сочетаемые с действием морфина, сами могут вызывать ряд реакций, присущих наркотику как безусловному раздражителю. Таким образом, условные раздражители (привычная обстановка) могут привести к активации наркотического состояния и при возвращении к прежней обстановке восстановить потребность в наркотиках.

Одним из эффективных терапевтических приемов является активизация собственных компенсаторных механизмов мозга, направленных на устранение или ограничение патогенных процессов.

Итак, современные данные указывают на жесткую зависимость наших настроений и переживаний от биохимического состава внутренней среды мозга.

7.6. Функциональная асимметрия эмоций

В настоящее время накоплено большое число экспериментальных и клинических данных о роли полушарий головного мозга в регуляции эмоций. Изучение функций левого и правого полушария обнаружило существование эмоциональной асимметрии мозга. Так, временное *выключение левого полушария* электросудорожным ударом тока вызывает сдвиг в эмоциональной сфере «правополушарного человека» в сторону отрицательных эмоций. Настроение ухудшается, он пессимистически оценивает свое положение, жалуется на плохое самочувствие. *Выключение* таким же способом *правого полушария* вызывает противоположный эффект — улучшение эмоционального со-

стояния. Т.А. Доброхотова и Н.Н. Брагина установили, что больные с поражениями левого полушария тревожны, озабочены. Правостороннее поражение сочетается с легкомыслием, беспечностью. Эмоциональное состояние благодушия, безответственности, беспечности, возникающее под влиянием алкоголя, связывают с его преимущественным воздействием на правое полушарие мозга.

Экспрессивные эмоциональные реакции (мимика, движения глаз) также связывают с функцией правого полушария, поэтому эмоциональное состояние субъекта преимущественно отражается на мимике левой половины лица. Аналогичные данные получены и в опытах на макаках, что указывает на общность обнаруженной закономерности для всех приматов. Естественно, что эмоции распознаются лучше на фотографиях лиц, составленных из двух левых половин изображения.

Правое полушарие (его центральная височная область) доминирует и при восприятии (распознавании) эмоциональной мимики.

Хорошим тестом функциональной асимметрии служит чувство юмора. Исследователи считают, что понимание юмора предполагает выполнение двух операций: 1) выделение неожиданного в повествовании и 2) сопоставление этого неожиданного с содержанием текста. У больных с поражением правого полушария сохранен первый компонент и нарушен второй. Это приводит к тому, что их юмор делается неразборчивым. Когда им предлагают выбрать самую смешную из предлагаемых сюжетных картинок, они готовы смеяться по поводу каждой. Юмор пациентов с левосторонним поражением более сходен с юмором здоровых лиц.

Эмоциональная асимметрия мозга обнаружена и у нормальных здоровых людей. Для лиц с доминантным правым полушарием характерна повышенная тревожность, нейротизм. Преобладание функций левого полушария сочетается с низкими значениями тревожности.

Таким образом, знак эмоций зависит от соотношения активности левой фронтальной коры (ЛФК) и правой фронтальной коры (ПФК). Это правило В. Геллер представила в виде двух неравенств: если $ЛФК > ПФК$, то возникают положительные эмоции, если же $ПФК > ЛФК$ — отрицательные эмоции. При подаче субъекту неосознаваемых (невербализуемых) стимулов правое полушарие более чув-

ствительно к эмоционально отрицательным, а левое — к эмоционально положительным.

7.7. Эмоциональный стресс

Термин «стресс» был предложен канадским ученым Гансом Селье в 1929 г. Будучи студентом-медиком, он подметил, что независимо от болезни у больных развиваются одни и те же симптомы: повышение температуры, слабость, отсутствие мотиваций к достижению цели и т.д. Различные факторы, которые вызывают подобные состояния, были названы стрессовыми факторами или *стрессорами*. А сами неспецифические реакции, изменения внутри организма, возникающие под действием стрессоров, Г. Селье назвал *стрессом*. Таким образом, под стрессом в широком смысле слова понимают общую системную реакцию организма, развивающуюся на действие стресс-факторов. Эта реакция обеспечивает приспособление организма к изменившимся условиям внешней среды, т.е. способствует его адаптации. При этом надо иметь в виду, что не само по себе воздействие, а именно отношение к нему, негативная его оценка с сенсорной, психологической или социальной точки зрения является причиной эмоционально-стрессовой реакции организма.

Виды стресса. Психическое и соматическое (телесное) так сильно переплетены между собой, что не может быть психического феномена без последующего соматического, и наоборот, не существует соматического явления без психического. Стрессовая реакция представляет собой концентрированную сущность взаимоотношения психики и тела. Тем не менее в зависимости от характера раздражителя различают *физический (физиологический)* и *психозэмоциональный стресс*.

Физический стресс связан с объективным изменением условий жизнедеятельности организма (сильный холод, жара, шум, недостаток кислорода), которые воспринимаются различными рецепторами.

Психозэмоциональный стресс возникает в результате собственного отношения индивида к данному стрессору. Это отношение зависит от личностных особенностей, социального статуса, ролевого по-

ведения. Ведущей причиной психоэмоционального стресса являются как острые, так и пролонгированные конфликтные ситуации.

Стадии развития стресса. На основании своих наблюдений в 1956 г. Г. Селье разработал концепцию общего адаптационного синдрома (ОАС). ОАС есть не что иное, как усилие организма приспособиться к изменившимся условиям среды за счет включения специальных защитных механизмов, выработанных в процессе эволюции. ОАС подразделяется на три стадии.

Первая называется *стадией тревоги*. Стадия тревоги, возникающая при внезапном действии стрессора, проходит в форме шока как результата сильнейшего эмоционального возбуждения. На этой стадии начинает нарастать активация эндокринной системы, что приводит к усилению защитных сил организма. При этом главную роль играет адренокортикальная система.

Следующая стадия называется *стадией резистентности* или *стадией сопротивления*. Эту стадию отличает максимально высокий уровень сопротивляемости организма к действию вредоносных факторов. Она отражает усилия организма по поддержанию состояния гомеостаза (равновесия внутренней среды) в изменившихся условиях. Адаптация на этой стадии в основном осуществляется системой «гипоталамус — кора надпочечников», так называемыми *адаптивными гормонами*, прежде всего адренокортикотропным гормоном. Важное значение имеют также и другие гормоны – ТЗ, Т4, СТГ.

Если воздействие стрессора будет продолжаться, то в итоге «энергия адаптации», т.е. адаптивные механизмы, участвующие в поддержании стадии резистентности, исчерпают себя. Тогда организм вступает в финальную стадию — *стадию истощения*. Эта стадия еще именуется состоянием психической дезадаптации. В крайнем случае может возникнуть угроза жизни.

Сущность ОАС сводится к следующему. Ни один организм не может постоянно находиться в состоянии тревоги. Если агент настолько силен, что значительное воздействие его становится несовместимым с жизнью, животное погибает еще на стадии тревоги, в течение первых часов или дней. Если оно выживает, за первоначальной реакцией обязательно следует стадия резистентности. Эта вторая стадия отвечает за сбалансированное расходование адаптационных

резервов. При этом поддерживается практически не отличающееся от нормы существование организма в условиях повышенного требования к его адаптационным возможностям. Но поскольку адаптационная энергия не беспредельна, то, если стрессор продолжает действовать, наступает третья стадия — истощение.

Максимальное напряжение механизмов защиты возникает в системе при прагматической неопределенности, угрожающей ситуации, при невозможности осуществления готовых программ деятельности, при необходимости срочного подбора новых вариантов поведенческих программ.

Последствия стресса. Принято считать, что все симптомы, вызванные стрессом, являются психосоматическими. Это значит, что в ответе на стресс принимают участие все системы: нервная, эндокринная, сердечно-сосудистая, желудочно-кишечная и т.п. Очень часто, особенно после продолжительного стресса, вследствие истощения всего организма наступает слабость. Как правило, стресс вызывает ухудшение деятельности самого слабого звена в организме, уже больного органа, например язву желудка на фоне хронического гастрита и т.п. Ослабляя иммунную систему организма, стресс повышает риск инфекционных заболеваний. Наиболее часто стресс влияет на состояние сердечно-сосудистой системы.

Установлено, что при стрессе дыхание становится более частым. При непродолжительном стрессе попадание избытка кислорода в кровь вызывает одышку. Если же стресс длительный, то частое дыхание будет продолжаться до тех пор, пока не пересохнут слизистые поверхности носоглотки. Человек в этом случае чувствует боль в грудной клетке из-за спазма дыхательных мышц и диафрагмы. При этом вследствие ухудшения защитных функций слизистой оболочки носоглотки резко возрастает вероятность возникновения различных инфекционных заболеваний.

Повышение уровня сахара в крови, также являющееся частью реакции организма на стресс, вызывает свою ценную реакцию. Во-первых, повышение уровня сахара (глюкозы) провоцирует усиленную секрецию инсулина — гормона поджелудочной железы, который, в свою очередь, способствует отложению глюкозы в виде гликогена в печени, мышцах и частичному превращению ее в жир. В ре-

зультате концентрация сахара в крови падает и у человека возникает чувство голода, а организм требует немедленной компенсации. Это состояние стимулирует дальнейшую секрецию инсулина, и уровень сахара в крови продолжает снижаться. Таким образом, при стрессе так или иначе страдают все системы организма.

Значение стресса. Сущность стрессовой реакции заключается в преодолении неблагоприятных условий и возвращении организма к нормальным условиям, т.е. это адаптивная реакция и в этом ее ценность. Вслед за Г. Селье принято различать конструктивный и деструктивный аспекты стресса. Другими словами, не всякий стресс вреден. Стрессовая активация нередко является положительной силой, обогащая человека осознанием своих реальных возможностей. Г. Селье называл положительный стресс *эустрессом*, а ослабляющий и разрушающий стресс — *дистрессом* (пребывание в состоянии ограничения или притеснения).

Но в современном обществе, поведение членов которого строго регламентировано, активация примитивных защитных механизмов, нацеленных на состояние борьбы или бегства, оказывается нереализованной. Действительно, мы не можем ударить своего оппонента во время дискуссии, не можем убежать с экзамена. Если стрессовая реакция не получает разрядки, это может привести к возникновению структурно-функциональных изменений в органах и тканях. Такое заболевание носит название *психосоматического*. В этом заключается негативное влияние стресса на организм.

На ранней стадии развития стресса, как правило, улучшается общее самочувствие и состояние здоровья. Однако, продолжая нарастать, стресс достигает своего апогея. Эту точку можно назвать оптимальным уровнем стресса, потому что, если стресс возрастает и дальше, то он становится вредным для организма.

Индивидуальные различия реакций на стресс. В 1974 г. вышла книга М. Фридмана и Р. Розенмана «Поведение А-типа и ваше сердце» — первое и наиболее значительное исследование взаимосвязи стресса и заболеваний сердечно-сосудистой системы. Было выделено два полярных типа поведения: тип А и тип Б — и соответственно группы людей, у которых преобладает один из них. К первому типу относится поведение, ориентированное на успех и жизненные дости-

жения. И именно этот тип поведения значительно повышает риск сердечно-сосудистых заболеваний и скоропостижной смерти.

В лабораторных условиях было показано, что оба типа по-разному реагируют на информационную нагрузку. Характер этих реакций согласуется с преобладанием активности одного из двух отделов вегетативной нервной системы: симпатического (тип А) или парасимпатического (тип Б). Первый реагирует на нагрузку учащением пульса, ростом артериального давления и другими вегетативными реакциями, сопровождающими активацию симпатической нервной системы. Тип Б в тех же условиях реагирует по парасимпатическому варианту: снижением частоты сердцебиений и другими соответствующими вегетативными проявлениями. Итак, для типа А характерны высокий уровень двигательной активности и преобладание симпатических реакций, т.е. постоянная готовность к действию. Тип Б представляет собой вариант реагирования с преобладанием парасимпатических эффектов, для него характерны снижение двигательной активности и относительно низкая готовность включаться в действие. Эти различия определяют разную чувствительность представителей того и другого типа к стрессогенным воздействиям. Один из путей профилактики сердечно-сосудистых заболеваний состоит в том, чтобы уменьшить в репертуаре поведения пациента проявления типа А.

Борьба со стрессом. Терапия стрессовых состояний — сложная задача, включающая целый ряд аспектов. Среди них следует отметить в первую очередь собственную позицию человека. Речь идет об ответственности человека за свое здоровье. Утверждение, что чрезмерный стресс и эмоциональные расстройства зависят от способа интерпретации индивидом своего окружения, прямо связано с признанием личностной ответственности человека за свое отношение к происходящему и, таким образом, за свое здоровье. Более того, сама возможность применения некоторых средств борьбы со стрессом и эффективность их использования зависят от того, насколько осознанно человек подходит к своему здоровью.

Необходимо помнить, что для здоровья человека опасны сильные отрицательные эмоции (тоска, страх, гнев и др.), особенно при частых повторениях или довольно большой продолжительности.

В эксперименте показано, что эффективными средствами борьбы со стрессом являются β -эндорфин, вещество *P*, дофамин. Так, введение вещества *P* повышает процент выживаемости животных в условиях стресса. Особенно это относится к пассивным особям, наиболее подверженным действию стресса.

Для предупреждения отрицательных последствий эмоционального стресса у человека важную роль играют интенсивные физические упражнения (езда на велосипеде, гребля, бег, плавание и др.). Такое же антистрессорное значение имеет любая деятельность, вызывающая положительные эмоции (любимая работа, увлечение), которые разрушают отрицательные эмоциональные возбуждения и препятствуют их суммации.

Глава 8. МЫШЛЕНИЕ

8.1. Определение мышления. Основные этапы его развития

Мышление — процесс познавательной деятельности человека, при котором субъект оперирует различными обобщениями, включая образы, понятия, категории.

Появление речи в процессе эволюции изменило функции мозга. Мир внутренних переживаний приобрел новый аппарат кодирования информации в виде абстрактных символов. Это сделало процесс мышления качественно иным. Действительно, мы лучше понимаем мысль, когда облачаем ее в языковую форму. Без языка мы переживаем неясные побуждения, которые можем выразить лишь жестами и мимикой.

Суть мышления – выполнение когнитивных операций с образами во внутренней картине мира. Присоединяясь к непосредственному образу предмета, слово выделяет его существенные признаки, недоступные для непосредственного наблюдения.

Мышление в онтогенезе походит три этапа. Первый этап в организации мышления у детей состоит в построении сенсомоторных схем (до двух лет). Сенсомоторная схема — это выполнение организованной последовательности действий, составляющих определенную форму поведения (ходьба, еда, речь и пр.). Сенсомоторная схема со-

относит информацию с моторными (мышечными) действиями. В формировании сенсомоторных схем ведущая роль принадлежит таламо-кортикальным системам головного мозга. Это *наглядно-действенное мышление*. Характерный способ его осуществления – путь проб и ошибок.

С развитием речи и появлением способности мысленно активировать сенсорно-моторные схемы, не совершая действия, формируется *наглядно-образное мышление* (2 – 7 лет). Оно преобладает не только в дошкольном, но и в раннем школьном возрасте (8 – 9 лет).

Основной особенностью этого этапа мышления становится способность ребенка предсказывать результат действия, не производя его фактически. В этот период ребенок уже хорошо знает, что случится, если, например, бросить чашку со стола на пол, или дернуть кошку за хвост, или прыгать по лужам и т.д. Действие, однако, остается основным элементом мышления ребенка в этом возрасте. Если попросить ребенка дать определение какому-либо бытовому предмету или понятию, то его ответ будет содержать действие: стул — это то, на чем сидят; стол — это то, на чем едят; прогулка — это то, где бегают и т.д. В этот период развивается речь, которая первоначально базируется также на сенсорно-моторной схеме: слушаю — повторяю. При развитии речи сенсорно-моторная схема получает название — слово. В период 2 – 7 лет бурное развитие претерпевают височная и моторная области коры головного мозга.

Третий этап в развитии мышления – *абстрактно-логическое мышление*. Способность к логическому рассуждению, выявлению причинно-следственных связей и использованию конкретных речевых понятий в пределах реальных событий формируется в 7 – 10 лет. В этот период активируются корково-корковые ассоциативные связи.

Способность к формальным операциям, к абстракциям, к оценке гипотез формируется в 11 – 15 лет. Считают, что в этот период завершается формирование связей лобной коры с другими отделами мозга, в первую очередь с височными и теменными.

Структурные предпосылки мышления считают связанными с корой больших полушарий, преимущественно с теми ее областями, которые объединены общим названием «ассоциативная кора». В отличие от специфических, первичных корковых проекций различных

сенсорных систем ассоциативная кора является местом интеграции информации, поступающей из первичных проекций. Кроме того, считают, что в ассоциативных областях текущие сенсорные данные объединяются с информацией, содержащейся в памяти. Например, ассоциативные поля теменной зоны объединяют сведения, приходящие от первичных корковых проекций кожи, мышц, сухожилий, суставов, со слуховой и зрительной информацией, поступающей от височной и затылочной коры. Интеграция всех сенсорных данных со следами памяти (участие височной коры и гиппокампа) даст человеку возможность оценивать положение тела и головы в пространстве. Включение в оценку пространственных отношений лобных отделов коры позволяет человеку интерпретировать сенсорные раздражения в зависимости от конкретной ситуации. Именно ассоциативные поля коры лобной доли мозга имеют особое значение в интерпретации раздражителей и событий. Благодаря двусторонним связям лобной коры и лимбических структур в систему оценки ситуации включаются эмоции. Кроме того, лобная кора ответственна за выбор цели и прогнозирование событий.

Решающая роль лобных долей мозга в планировании и решении задач подтверждается сведениями о поведении людей с повреждениями этих областей коры. Они оказывались неспособными к решению задач в изменившейся ситуации или к осуществлению последовательных действий, т. е. одна и та же задача не могла быть решена, если ставилось дополнительное условие. Кроме того, использование языка, необходимое для многих мыслительных действий, возможно только при совместной работе лобных и височных долей (зоны Брока и зоны Вернике).

8.2. Теоретические и эмпирические подходы к изучению мышления

В теоретическом плане проблема физиологических основ мыслительной деятельности мало разработана. До сих пор не существует широко принятых концепций (как это, например, имеет место применительно к восприятию или памяти), которые объясняли бы, каким образом ЦНС обеспечивает процесс мышления.

Функциональная система как модель мыслительной деятельности. Теория функциональных систем П.К. Анохина позволяет сопоставить основные этапы мыслительного процесса с этапами поведенческого акта. Так, направленность процесса мышления определяется доминирующей мотивацией субъекта. Афферентный синтез позволяет выбрать зону поиска решения проблемы. Этапу принятия решения соответствует выбор наиболее подходящей модели, который производится согласно вероятностному принципу принятия или отвержения гипотезы с целью ее последующей проверки и доказательства. В акцепторе результатов действия в соответствии с принятой гипотезой формируются конкретные цели действия. Выполнение конкретного мыслительного действия эквивалентно этапу осуществления реального действия и базируется на центральной операции, осуществляемой головным мозгом человека, — на операции сравнения. Здесь сравниваются исходные параметры реальной модели-задачи с соответствующими параметрами наиболее подходящей модели, находящейся в акцепторе результатов действия. В случае несовпадения ряда параметров модели данного, конкретного решения и модели, находящейся в акцепторе, активизируются различные когнитивные процессы, зависящие прежде всего от модальности (типа) решаемой задачи. Все вышеописанные когнитивные операции приводят к изменению содержания акцептора результатов действия. Возникают новые замыслы, идеи и, возможно, привлекаются иные способы доказательств.

Несомненно, что в дальнейшем изложенные представления могут послужить основой для разработки конкретных экспериментальных исследований по психофизиологии мышления.

«Жесткие» и «гибкие» звенья. Для характеристики свойств мозгового субстрата мыслительной деятельности Н.П. Бехтеревой (1966) был предложен принцип индивидуально формирующихся мозговых систем, согласно которому реализация одной и той же психической деятельности может обеспечиваться топографически различающимися мозговыми системами. Это означает, что нейрофизиологические механизмы, обеспечивающие мыслительную деятельность человека, представляют собой системы, состоящие из «жестких» (стабильных) и «гибких» (вариативных) звеньев.

В дальнейшем эти представления получили подтверждение в исследованиях Н.П. Бехтеревой и ее сотрудников при помощи

ПЭТ-томографии. Было показано, что в решении одной и той же мыслительной задачи принимают участие как постоянно активирующиеся участки головного мозга («жесткие звенья»), так и новые области мозга, названные «гибкими» звеньями.

Иными словами, мозговая система обеспечения мышления состоит из «жестких» (одних и тех же) и «гибких» (вариативных) звеньев. Этот принцип организации мозговых систем является одним из важнейших механизмов надежности мозга, который обеспечивает возможность достижения правильного конечного результата мыслительной деятельности относительно независимо от внутренних и внешних помех.

Эмпирические подходы к изучению мышления. Эмпирические исследования, посвященные изучению мышления, образуют два относительно независимых подхода. Первый из них можно условно обозначить как *моделирующий*, а второй — как *дифференциально-диагностический*.

В основе первого подхода лежит регистрация физиологических показателей в ситуациях моделирования мыслительной деятельности. Он направлен на выявление динамики этих показателей в процессе решения задач разного типа. Варьируя содержание заданий и анализируя сопутствующие изменения физиологических показателей, исследователи получают физиологические корреляты выполняемой деятельности. На этой основе делаются выводы относительно особенностей физиологического обеспечения решения задач разного типа. Классическим примером такого подхода служат эксперименты О.К. Тихомирова, где в качестве моделей мыслительной деятельности использовалось решение шахматных задач, а в качестве физиологического индикатора — динамика кожно-гальванической реакции.

При использовании таких показателей, как электрокардиограмма, электромиограмма и кожно-гальваническая реакция, следует иметь в виду, что эти индикаторы отражают преимущественно динамику общего напряжения, обусловленного активационными процессами. Поиск специфических психофизиологических изменений, сопровождающих процесс решения задач, связан в первую очередь с использованием электрофизиологических методов — ЭЭГ и ВП.

Второй подход, определяемый как дифференциально-диагностический, исходит из того, что присущие человеку способы познавательной деятельности находят закономерное отражение в фи-

физиологических показателях, которые в результате этого приобретают устойчивые индивидуальные особенности. Главная задача в данном случае — найти те показатели, которые статистически достоверно связаны с успешностью познавательной деятельности, например с коэффициентом интеллекта, причем физиологические показатели регистрируются независимо от психометрических.

Первый подход позволяет изучать процессуальную сторону, т.е. проследить, каким образом перестраивается физиологическая активность по ходу решения задачи и как результат отражается в динамике этой активности. Моделирование умственных задач дает возможность выделять новые варианты изменения физиологических показателей и делать обобщения относительно соответствующих физиологических механизмов. Сложность заключается в том, чтобы, во-первых, разработать информативные модели мыслительной деятельности (и соответствующие им задания) и, во-вторых, подобрать адекватные методы и показатели, позволяющие в полном объеме охарактеризовать деятельность физиологических систем — потенциальных «кандидатов» на участие в обеспечении процесса решения задачи. При этом, строго говоря, выводы распространяются только на тот класс мыслительных задач, которые являются предметом изучения. Очевидно, что моделирование не может охватить все сферы мыслительной деятельности человека, и в этом заключается ограниченность первого подхода.

При втором подходе такого ограничения нет, поскольку во главу угла ставится сопоставление индивидуально-специфических устойчивых физиологических и психологических показателей. Предполагается, что индивидуальный опыт мыслительной деятельности отражается в тех и других. Однако эта логика не позволяет исследовать психофизиологию процесса решения задач, хотя по результатам сопоставления и выдвигаются некоторые предположения относительно того, что способствует его успешной организации.

8.3. Электрофизиологические корреляты мышления

Нейронные корреляты мышления. Исследованиям нейронных коррелятов мышления придается в настоящее время особое значе-

ние. Причина в том, что среди разных электрофизиологических явлений импульсная активность нейронов наиболее сопоставима с процессами мышления по своим временным параметрам.

Принято считать, что сложные функции мозга, в первую очередь мышление, обеспечиваются системами функционально объединенных нейронов.

Таким образом, при изучении динамики импульсной активности нейронов в определенных областях головного мозга были выявлены устойчивые пространственно-временные картины (паттерны) этой активности, связанные с конкретным видом мыслительной деятельности человека. После выделения таких паттернов можно достаточно точно определять, где и когда в мозге человека будут развиваться специфические изменения активности нейронных объединений в процессе решения задач определенного типа. При этом закономерности формирования паттернов импульсной активности нейронов по ходу выполнения испытуемым различных психологических тестов иногда позволяли предсказывать результат выполнения конкретной ассоциативно-логической операции.

Электроэнцефалографические корреляты мышления. Уже со времени публикации первых работ Г. Бергера (1929) хорошо известно, что умственная деятельность вызывает устойчивую десинхронизацию альфа-ритма и что именно десинхронизация оказывается объективным показателем активации.

Ритмы ЭЭГ и мышление. Установлено, что при умственной деятельности происходит перестройка частотно-амплитудных параметров ЭЭГ, охватывающая все основные ритмические диапазоны.

Динамика *альфа-активности* при умственной деятельности имеет сложный характер. При анализе альфа-ритма в последнее время принято выделять три (иногда две) составляющие: высоко-, средне- и низкочастотную. Оказывается, что эти субкомпоненты альфа-ритма по-разному связаны с умственной деятельностью. Низкочастотный и высокочастотный альфа-ритм в большей мере соотносится с когнитивными аспектами деятельности, тогда как среднечастотный альфа-ритм в основном отражает процессы неспецифической активации.

По данным ряда авторов, умственная активность у взрослых сопровождается повышением мощности *бета-ритма*, причем значимое уси-

ление высокочастотной активности наблюдается при умственной деятельности, включающей элементы новизны, в то время как стереотипные, повторяющиеся умственные операции сопровождаются ее снижением. Установлено также, что успешность выполнения вербальных заданий и тестов на зрительно-пространственные отношения положительно связана с высокой активностью бета-диапазона ЭЭГ левого полушария. По некоторым предположениям, эта активность связана с отражением деятельности механизмов сканирования структуры стимула, осуществляемой нейронными сетями, продуцирующими высокочастотную активность ЭЭГ.

При выполнении мыслительных заданий может усиливаться *дельта-* и *тета-активность*. При этом усиление последней составляющей положительно соотносится с успешностью решения задач. В этих случаях тета-активность наиболее выражена в передних отделах коры. Она соответствует по времени периодам наибольшей концентрации внимания человека при решении задач и обнаруживает связь со скоростью решения задач. Следует подчеркнуть, однако, что разные по содержанию и сложности задания вызывают неодинаковые изменения тета-диапазона.

Пространственно - временная организация ЭЭГ и мышление. Изменения биоэлектрической активности мозга в процессе мыслительной деятельности, как правило, имеют зональную специфику. Другими словами, ритмы ЭЭГ в различных зонах коры по-разному ведут себя при решении задач. Существует несколько способов оценки характера пространственно-временной организации ЭЭГ в процессе решения задач.

Одним из наиболее распространенных способов является исследование дистантной синхронизации биопотенциалов и когерентности спектральных составляющих ЭЭГ в разных зонах мозга. Известно, что для состояния покоя обычно характерен некоторый средний уровень синхронности и когерентности ЭЭГ, который отражает активное поддержание межзональных связей и тонуса зон коры в покое. При предъявлении заданий эти типичные для покоя межзональные отношения существенно меняются.

Установлено, что при умственной деятельности происходит резкое увеличение числа участков коры, корреляционная связь между

которыми по различным составляющим ЭЭГ обнаруживает высокую статистическую значимость. При этом, однако, в зависимости от характера задачи и избранного показателя картина межзональных отношений может выглядеть по-разному. Например, при решении как вербальных, так и арифметических задач возрастает степень дистантной синхронизации биопотенциалов в лобных и центральных отделах левого полушария, но помимо этого при решении математических задач возникает дополнительный фокус активации в теменно-затылочных отделах.

Меняется степень пространственной синхронизации биопотенциалов и в зависимости от степени алгоритмизации действия. При выполнении легкого по алгоритму действия возрастает степень синхронизации в задних отделах левого полушария, при трудном алгоритмическом действии фокус активации перемещается в передние зоны левого полушария.

Более того, характер межзональных отношений существенно зависит от того, какую стратегию реализует человек в процессе решения задачи. Например, при решении одной и той же математической задачи разными способами, арифметическим или пространственным, фокусы активации располагаются в разных участках коры. В первом случае — в правой префронтальной и левой теменно-височной, во втором — сначала в передних, а затем в задних отделах правого полушария. По другим данным, при последовательном способе обработки информации (сукцессивном) наблюдается преимущественная активация передних зон левого полушария, при целостном схватывании (симультанном) — тех же зон правого полушария. Заслуживает также внимания и тот факт, что межзональные отношения изменяются в зависимости от степени оригинальности решения задачи. Так, у испытуемых, использующих стандартные приемы решения, преимущественно преобладает активность левого полушария; напротив, у испытуемых, которые применяют нестандартные (эвристические) приемы решения, характерно преобладание активации в правом полушарии, наиболее сильное в лобных отделах, причем как в покое, так и при решении задачи.

Вызванные потенциалы и принятие решения. Принятие решения — кульминационная и иногда завершающая операция мысли-

тельной деятельности человека. Закономерно, что психофизиологическое обеспечение этой стадии процесса мышления является предметом специального анализа.

Продуктивным методом исследования физиологических основ принятия решения является метод регистрации вызванных или событийно-связанных потенциалов. Событийно-связанные потенциалы — это реакции разных зон коры на внешнее событие, сопоставимые по длительности с реальным психологическим процессом переработки информации или поведенческим актом.

В составе этих реакций можно выделять компоненты двух типов: ранние специфические (экзогенные) и поздние неспецифические (эндогенные) компоненты. Экзогенные компоненты связаны с первичной обработкой, а эндогенные отражают этапы более сложной обработки, стимулы: формирование образа, сличение его с эталонами памяти, принятие перцептивного решения.

Обширный массив экспериментальных исследований связан с изучением наиболее известного информационного эндогенного колебания волны P_{300} , позднего позитивного колебания, регистрируемого в интервале 300 — 600 мс. Многочисленные факты свидетельствуют, что волна P_{300} может рассматриваться как психофизиологический коррелят таких когнитивных процессов, как ожидание, обучение, рас-согласование, снятие неопределенности и принятие решения.

Удалось, например, показать, что латентный период P_{300} прямо связан с информационной спецификой стимула и обратно пропорционален сложности экспериментальной задачи. При этом амплитуда компонента P_{300} тем больше, чем сложнее сам стимул в экспериментальной задаче и чем больше когнитивных операций требует от испытуемого ситуация эксперимента.

Детектор ошибок. В исследованиях Н.П. Бехтеревой и ее сотрудников (1997) было показано, что в мозге имеются нейронные популяции, реагирующие только на ошибочную реализацию деятельности. Другими словами, эти ансамбли нейронов не активируются при выполнении какой-либо конкретной деятельности как таковой, а реагируют только на ее ошибочное выполнение.

Подобные группы нейронов были обнаружены первоначально в подкорке, а затем и в коре больших полушарий. Эти группы нейро-

нов были названы детекторами ошибок. Детектор ошибок всегда активируется при рассогласовании деятельности с ее планом, точнее с имеющейся в мозге моделью деятельности.

С точки зрения Н.П. Бехтеревой, аппарат сравнения, осуществляющий распознавание ошибок, относится к числу базисных механизмов мозга, повышающих надежность его работы. Представления о детекторе ошибок хорошо согласуются с теорией нервной модели стимула Е.Н. Соколова и теорией функциональных систем П.К. Анохина.

8.4. Психофизиологический подход к интеллекту

В психологии существует много разных подходов к анализу природы интеллекта, его структуры, способов функционирования и путей измерения. С позиций психофизиологического анализа целесообразно остановиться на подходе к интеллекту как к биологическому образованию, в соответствии с которым предполагается, что индивидуальные различия в показателях интеллектуального развития объясняются действием ряда физиологических факторов, во-первых, и эти различия в значительной степени обусловлены генотипом, во-вторых.

Три аспекта интеллекта. В теоретическом плане наиболее последовательную позицию занимает Г. Айзенк (1995). Он выделяет три разновидности интеллекта: биологический, психометрический и социальный. *Биологический интеллект* представляет собой генетически детерминированную биологическую базу когнитивного функционирования и всех его индивидуальных различий. Биологический интеллект, возникая на основе нейрофизиологических и биохимических факторов, непосредственно связан с деятельностью коры больших полушарий. *Психометрический интеллект* измеряется тестами интеллекта и зависит как от биологического интеллекта, так и от социокультурных факторов. *Социальный интеллект* представляет собой интеллектуальные способности, проявляющиеся в повседневной жизни. Он зависит от психометрического интеллекта, а также от личностных особенностей, обучения, социоэкономического статуса. Иногда биологический интеллект обозначают как интеллект А, социальный — как интеллект Б. Очевидно, что интеллект Б гораздо шире, чем интеллект А, и включает его в себя.

Время как фактор эффективности. По некоторым представлениям, определенная часть индивидуальных различий в успешности выполнения тестов интеллекта объясняется тем, насколько быстро индивид может обрабатывать информацию, причем независимо от приобретенных знаний и навыков. Поэтому времени как фактору, обеспечивающему эффективность умственной деятельности, и в настоящее время придается довольно большое значение.

Таким образом, понятие психической скорости, или скорости выполнения умственных действий, приобретает роль фактора, объясняющего происхождение индивидуальных различий в познавательной деятельности и показателях интеллекта. Действительно, неоднократно показано, что показатель интеллекта связан с временем реакции, взятом в разных вариантах оценки, отрицательной корреляцией, составляющей в среднем $-0,3$.

Наряду с этим в психофизиологии существует специальное направление хронометрии процессов переработки информации, в котором одним из главных показателей служат латентности компонентов ВП, интерпретируемые как маркеры времени выполнения отдельных когнитивных операций. Закономерно, что существует целый ряд исследований взаимосвязи показателей ВП и интеллекта.

В этом контексте была сформулирована *гипотеза нейрональной эффективности*, которая предполагает, что «биологически эффективные» индивиды обрабатывают информацию быстрее, поэтому они должны иметь более короткие временные параметры (латентности) компонентов ВП.

Эти предположения неоднократно подвергались проверке, и было установлено, что подобная связь обнаруживается при определенных условиях: биполярном способе регистрации ВП и использовании зрительных стимулов. Кроме того, существуют другие факторы, влияющие на ее проявления, например уровень активации. Наибольшее соответствие между короткими латентностями и высокими показателями интеллекта имеет место при умеренном уровне активации, следовательно, связь «латентные периоды ВП — показатели IQ » зависит от уровня активации.

8.5. Межполушарное взаимодействие и мышление

Мышление и интеллект представляют собой свойство мозга как целого, поэтому особое значение приобретает анализ взаимодействия различных регионов мозга, при котором достигается высококоэффициентивная умственная деятельность, и в первую очередь анализ межполушарного взаимодействия. Билатеральная организация мозга — это еще один анатомический аспект, необходимый для целостного понимания того, как организовано мышление и каковы его связи с речевой функцией.

Человек имеет два полушария — правое и левое, выполняющие разные функции, но в совокупности обеспечивающие целенаправленное поведение. Их совместная работа обеспечивается комиссурами мозга, самой мощной из которых является мозолистое тело. То, что многие функции левого и правого полушарий головного мозга различны, было обнаружено у людей с «расщепленным мозгом» после травм или хирургических операций, выполненных в лечебных целях при тяжелых формах эпилепсии.

Огромный вклад в развитие представлений о функциях каждого полушария внес американский ученый Р.У. Сперри (Нобелевская премия 1981 г.). Когда в начале 1960-х гг. он получил возможность обследовать больных, ему при помощи блестяще задуманных тестов удалось показать, что каждое полушарие головного мозга у них имеет собственный мир сознания. Полушария абсолютно независимы друг от друга в отношении обучения и сохранения информации. Более того, каждое полушарие имеет собственный мир перцептуального опыта, эмоций, мыслей и памяти, абсолютно отдельных от мира другого полушария.

Левое полушарие задействовано при речи, письме, выполнении математических вычислений. Оно обрабатывает информацию аналитически и последовательно, является центром абстрактного мышления и логического анализа деталей, в частности временных отношений. Левое полушарие контролирует сенсомоторные функции правой половины тела. Это полушарие в большей степени, чем правое, обуславливает формирование и проявление позитивных эмоций и играет ведущую роль в управлении поведением.

Правое полушарие зрительно-пространственное; обработка информации здесь осуществляется одновременно, на основе синтеза этой информации формируется целостный образ (гештальт). Правое полушарие контролирует и регулирует сенсорные и двигательные функции левой половины тела.

Правое полушарие «молчаливо» и обычно лишено возможности активно связываться с внешним миром. Из-за своего молчания правое полушарие очень долго было недоступно для экспериментальных исследований, и, как сказано выше, считалось, что оно полностью подчинено левому полушарию. Р.У. Сперри обнаружил, что правое полушарие, вопреки общепринятому мнению, явно доминирует над левым во многих отношениях. В особенности это касается осознания пространственных соотношений и понимания сложной взаимосвязи вещей. Это полушарие также доминирует при восприятии слуховых сигналов и музыки; оно лучше распознает мелодии, различает голоса и интонации. Однако в других отношениях правое полушарие занимает явственно подчиненное положение. Оно почти полностью лишено способности к вычислениям, может лишь выполнять простое сложение в пределах 20. Правое полушарие совершенно неспособно вычитать, умножать или делить. Оно обеспечивает функцию чтения простых односложных существительных и понимания их значение, но восприятие значения прилагательных или глаголов оказывается невозможным. Правое полушарие не связано с письмом. В 1930-е гг. И.П. Павлов сделал вывод о том, что человечество можно разделить на «мыслителей» и «художников». Возможно, степень доминирования левого полушария у «мыслителей» выше, чем у «художников».

Вот лишь некоторые примеры различных функций правого и левого полушарий. Женщина, у которой было перерезано мозолистое тело по поводу тяжелой эпилепсии, для предотвращения генерализации припадков, проходила зрительное тестирование с помощью тахистоскопа (рис. 4). Это прибор, позволяющий предъявлять на экране зрительное изображение в течение точно контролируемого, обычно короткого, времени (десятые доли секунды).

В центре экрана находится черная точка, на которую должна смотреть испытуемая, не отрывая взгляда, — так называемая точка фиксации взора. На десятую долю секунды справа от точки появляется-

ся изображение предмета. За столь короткое время испытуемая не успевает перевести взор от точки на изображение. Смысл подобной стимуляции состоит в том, чтобы изображение попало в одно полушарие мозга, в данном случае в левое. Если на экране справа появляется изображение ложки, то оперированная испытуемая отвечает, что она видела ложку. Если изображение ложки появляется слева от точки фиксации взора, т.е. попадает в правое неречевое полушарие, то испытуемая отвечает: «Не видела ничего». Однако если ей предлагается выбрать левой рукой на ощупь среди нескольких предметов тот, который, возможно, мелькнул на экране, но не был ею опознан, то она выбирает ложку. Таким образом, правое полушарие было способно опознать предмет, но не смогло его назвать, так как связи с речевым левым полушарием были рассечены. На вопрос, что она держит в руках, оперированная отвечала: «Карандаш». Больная «знает» и на ощупь, т.е. пространственным способом, опознает, что она видела, но не может правильно определить предмет словесно.

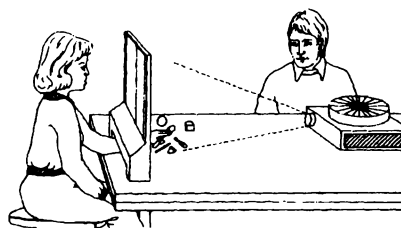


Рис. 4. Экспериментальная установка для исследований с тахистоскопом

В другом исследовании с применением тахистоскопа испытуемой с «расщепленным мозгом» предъявляли четыре фотографии разных людей и называли их имена. Затем испытуемая садилась перед экраном, фиксировала взор на точку в центре экрана (рис. 5).

Справа от точки на экране появляется половина фотографии лица одного человека, слева — половина изображения лица другого. Испытуемая называет имя человека, фотография половины лица которого попала в правое поле зрения и соответственно в левое полу-

шарие, т.е. на вопрос отвечает левое, речевое полушарие. Потом части фотографии лица человека предъявляются испытуемой еще раз. Но на этот раз ее просят показать, а не назвать человека, лицо которого она видела. Испытуемая показывает на фотографии лицо, половина изображения которого попала в левое поле зрения, т.е. в правое полушарие, не говорящее, но способное оценить зрительно-пространственные соотношения.



Рис. 5. Тесты с составными портретами

Еще один интересный момент состоял в том, что испытуемые не замечали в изображениях, которые они видели, ничего необычного. Они воспринимали половину лица как целое лицо, иначе говоря, их мозг довершал картину. Этот конструктивный аспект восприятия помогает объяснить, почему больные с «расщепленным мозгом» обычно успешно действуют в повседневной жизни. Другой вспомогательный прием, который используется ими как в экспериментальных, так и в повседневных ситуациях, — это «перекрестная подсказка». Одно полушарие использует доступные ему признаки, чтобы понять, какая информация воспринимается другим полушарием. Например, если испытуемый должен распознать на ощупь связку ключей, которая находится в его левой руке (контролируемой правым полушарием), то левое полушарие может «догадаться» об этом по характерному звону

и дать правильный ответ: «Ключи», хотя ни зрительная, ни осязательная информация не была ему доступна.

Существует мнение, что левое полушарие осуществляет функции «интерпретатора» того, что делает правое полушарие. Благодаря этой способности и при отсутствии достаточной информации человек может логически сформулировать некоторые гипотезы о причинах своих реакций, поступков, хотя они будут далеки от истины. Это убедительно было показано Дж. ЛеДу и М. Газзанигой на их уникальном больном С.П. с «расщепленным мозгом» в опыте «с цыпленком и лопатой для снега» (рис. 6).

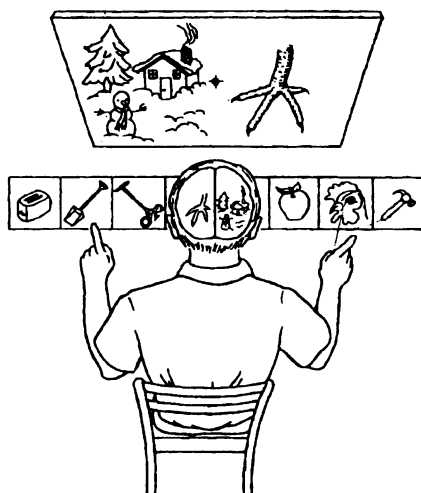


Рис. 6. Одновременное предъявление различных стимулов правому и левому полушариям больного С.П. с «расщепленным мозгом» (по Р.У. Сперри)

Больному слева от точки фиксации предъявляли картинку — зимний дворик с неубранным снегом, которая, следовательно, проецировалась в правое полушарие. Одновременно справа от фиксиционной точки помещали картинку с изображением лапы цыпленка, т.е. эта картинка проецировалась в левое полушарие. Больной получал задание отобрать левой и правой рукой из серии картинок те, которые ему были показаны. Он успешно решил эту задачу, правой рукой вы-

брав изображение цыпленка, а левой — лопаты. На вопрос, почему он это сделал, С.П. ответил: «Я видел лапу и выбрал цыпленка, а вы должны вычистить курятник лопатой». Анализируя эти данные, Дж. ЛеДу и М. Газзанига пришли к заключению, что вербальные механизмы не всегда «знают» источник наших действий и могут «приписывать» действиям причину, которой на самом деле не существует.

Левое полушарие, не располагая информацией правого, интерпретирует, находит логическое объяснение выбору левой рукой изображения лопаты. Интерпретационная способность левого полушария при правостороннем поражении мозга проявляется в изменении эмоциональных переживаний человека. Такие люди становятся беспечными, легкомысленными, с явным преобладанием положительных эмоций над отрицательными. Противоположные изменения эмоциональной сферы сопровождают нарушения левого полушария. У таких больных возникает склонность к отрицательным эмоциональным переживаниям, повышенной тревожности.

Как показало обследование больных с «расщепленным мозгом», каждое полушарие может выносить самостоятельные суждения, которые в ряде случаев могут не совпадать. От согласованности оценок, выносимых полушариями, зависит настроение человека. При совпадении суждений больной спокоен, легок в общении, приятен. Если же оценки расходятся, поведение больного становится трудноуправляемым, проявляются гиперактивность, агрессивность.

Ввиду того что каждое полушарие может иметь собственную независимую систему оценок значения событий, Р.У. Сперри говорит об удвоении сознания у таких больных. Однако у нормального человека ведущая роль в вынесении суждений принадлежит речевому, *доминантному полушарию*, хотя определенные лингвистические способности присущи и *субдоминантному полушарию*.

Итак, исследования лиц с «расщепленным мозгом» свидетельствуют о том, что левое полушарие отвечает за язык и речь, а правое управляет пониманием и навыками, связанными с пространственным и зрительным восприятием. В то же время правое полушарие обладает способностью понимать речь, но не может ее программировать. Таким образом, если схематизировать функции полушарий в отношении мышления, то оказывается, что левое и правое полушария в рав-

ной степени способны к распознаванию стимулов внешнего мира, но пользуются разными способами или стратегиями решения задачи и имеют разные возможности в выражении результатов решения — языковую для левого полушария и пространственно-зрительную для правого полушария.

8.6. Особенности мышления у мужчин и женщин

Поведенческие, неврологические и биохимические исследования проливают свет на те процессы, которые порождают половые различия в организации мозга. Половые гормоны начинают влиять на мозг в таком раннем возрасте, что реакция на воздействие внешней среды по-разному «смонтированного» мозга у мальчиков и девочек существенно различается почти сразу после рождения. Влияние пола на интеллектуальные функции проявляется скорее в характере умственных способностей, а не в общем уровне интеллекта, измеряемого по *IQ*.

Мужчины лучше ориентируются в пути, следуя по какому-либо маршруту. Им требуется меньше времени на запоминание маршрута, они совершают меньше ошибок. Но после того как маршрут заучен, женщины помнят большее число дорожных ориентиров, чем мужчины. По-видимому, они склонны в большей степени пользоваться наглядными ориентирами и в повседневной жизни.

Мужчины, как правило, лучше, чем женщины, решают пространственные задачи. Они успешнее выполняют тесты, в которых требуется мысленно вращать предмет или каким-либо образом манипулировать им, а также тесты, требующие математических рассуждений. У мужчин обнаруживаются большие способности к формированию точных двигательных навыков прицеливания, метания, перехвата различных снарядов.

Женщины, как правило, превосходят мужчин в скорости идентификации сходных предметов, в арифметическом счете, у них лучше развиты речевые навыки. Женщины быстрее справляются с некоторыми мануальными заданиями, где требуются точность, ювелирность движений.

Поскольку генетический материал у мужчин и женщин, за исключением половых хромосом, одинаков, скорее всего, разное качество умственных способностей у мужчин и женщин отражает различие гормональных влияний на развивающийся мозг. Разделение полов происходит

на ранних этапах эмбрионального развития под влиянием эстрогенов (женских половых гормонов) и андрогенов (мужских половых гормонов, главный из которых — тестостерон).

Многие ученые полагают, что в основе различия мужского и женского ума лежит менее выраженная у женщин асимметрия полушарий по сравнению с мужчинами. У женщин повреждение одного мозгового полушария, как правило, вызывает меньший дефект, чем у мужчин; такая же травма у мужчин сопровождается более выраженными последствиями. Есть данные о том, что задняя часть мозолистого тела у женщин больше. Это должно указывать на более полное взаимодействие полушарий у женщин по сравнению с мужчинами.

Установлено, что у крыс-самцов кора правого полушария толще коры левого. Это согласуется с другими данными о том, что раннее влияние мужского полового гормона (андрогена) ведет к подавлению роста коры левого полушария.

Наблюдение за эмбрионами человека также показало, что у будущих мальчиков кора правого полушария толще коры левого. Однако, как вытекает из результатов обследования мужчин и женщин с поврежденным правым полушарием, способность к пространственному вращению предметов, которая лучше выражена у мужчин, не обусловлена половыми функциональными различиями правого полушария. Повреждение правого полушария не вызывало у мужчин более выраженных нарушений пространственного вращения, чем у женщин, как это можно было ожидать, если бы такие способности у мужчин определялись большей развитостью правого полушария.

Сходное предположение о более выраженной асимметрии мозга у мужчин высказано и в отношении речи. При этом исходили из того факта, что афазия чаще встречается у мужчин после травмы левого полушария. На основании этого было сделано заключение, что у женщин оба полушария принимают большее участие в организации речи.

Глава 9. РЕЧЬ

9.1. Речь и ее функции

Закономерности условнорефлекторной деятельности, установленные для животных, свойственны и человеку. Однако поведение человека настолько сильно отличается от поведения животных, что у него должны существовать дополнительные нейрофизиологические механизмы, которые и определяют особенности его высшей нервной деятельности.

Звуковая речь как способность знаково-символического отражения предметов и явлений окружающего мира, а также собственных состояний с использованием разных уровней обобщения является уникальной способностью человека. Именно *слово*, этот «сигнал сигналов», посредством которого осуществляются обобщение и абстракция, характеризующие «специально человеческое высшее мышление» (И.П. Павлов), стало той исключительной способностью высшей нервной деятельности человека, которая обусловила его прогрессивное развитие. Оно резко расширило диапазон и качество восприятия внешнего мира и самовыражения, возможность передачи информации другим людям об окружающей среде и собственных состояниях за счет звуковых конструкций, несущих эмоциональную и смысловую нагрузку.

Л.А. Фирсов с сотрудниками предлагают выделять *первичный* и *вторичный* язык. К первичному языку они относят само поведение животного и человека, различные реакции: изменение формы, величины и цвета определенных частей тела, перьевого и шерстного покровов, а также врожденные коммуникативные (голосовые, мимические, позные, жестикуляторные и др.) сигналы. Таким образом, *первичному языку соответствует допонятийный уровень отражения действительности* в форме ощущений, восприятий и представлений.

Вторичный язык представляет собой понятийный уровень отражения. В нем различают стадию А и стадию Б. Стадия А — общая для человека и животного. Сложные формы обобщения (*довербальные понятия*), которые обнаруживают антропоиды и некоторые низшие обезьяны, соответствуют стадии А. На стадии Б вторичного языка ис-

пользуется речевой аппарат (*вербальные понятия*). Таким образом, первичный язык соответствует первой сигнальной системе, по И.П. Павлову, а стадия Б вторичного языка — второй сигнальной системе.

Согласно Л.А. Орбели, эволюционная преемственность нервной регуляции поведения выражается в «промежуточных этапах» процесса развития первой сигнальной системы во вторую. Этим этапам соответствует стадия А вторичного языка.

Речь возникла как средство общения между людьми в процессе труда. Ее развитие привело к возникновению языка. Таким образом, у человека в отличие от животных существуют две системы сигнальных раздражителей: первая сигнальная система, состоящая из непосредственных воздействий внутренней и внешней среды на сенсорные входы, и вторая сигнальная система, состоящая преимущественно из слов, обозначающих эти воздействия.

Предпосылкой для генерации звуковой речи было развитие и совершенствование в процессе эволюции *периферического аппарата звукогенерации* — глотки, гортани, голосовых связок, нижней челюсти. Важная роль принадлежит возможности *координации* голосового и артикуляционного аппарата со стороны центральной нервной системы. Важнейшим шагом в развитии речи стало формирование в коре головного мозга гоминид специфических речевых зон.

Слово, обозначающее предмет, не является результатом простой ассоциации по типу «слово — предмет». Связи слова с предметом качественно отличаются от первосигнальных связей. Хотя слово и является реальным физическим раздражителем (слуховым, зрительным, кинестетическим), оно принципиально отличается тем, что в нем отражаются не конкретные, а наиболее существенные, основные свойства и отношения предметов и явлений. Оно обеспечивает возможность обобщенного и отвлеченного отражения действительности.

Языковые знания не передаются по наследству. Однако у человека имеются генетические предпосылки к общению с помощью речи и усвоению языка. Человек осваивает язык при жизни в результате обучения. Какой язык он усвоит как родной, зависит от среды, в которой он живет, и условий воспитания. Существует критический период

для освоения языка. После 10 лет способность к развитию нейронных сетей, необходимых для построения центра речи, утрачивается.

Исследователи выделяют три основные функции речи: коммуникативную, регулирующую и программирующую.

Коммуникативная функция речи заключается в осуществлении общения между людьми с помощью языка. В коммуникативной функции выделяют функцию сообщения и функцию побуждения к действию. При сообщении человек указывает на какой-либо предмет или высказывает свои суждения по какому-либо вопросу. Побудительная сила речи зависит от ее эмоциональной выразительности.

Регулирующая функция речи реализует себя в высших психических функциях — сознательных формах психической деятельности. Отличительной особенностью высших психических функций является их произвольный характер.

Первоначально высшие психические функции как бы разделены между двумя людьми. Один человек регулирует поведение другого с помощью специальных раздражителей («знаков»), среди которых наибольшее значение имеет речь. Научаясь применять по отношению к собственному поведению стимулы, которые первоначально использовались для регуляции поведения других людей, человек приходит к овладению собственным поведением. В результате процесса интериоризации внутренняя речь становится тем механизмом, с помощью которого человек овладевает собственными произвольными действиями.

В работах А.Р. Лурия, Е.Д. Хомской показана связь регулирующей функции речи с передними отделами полушарий. Ими установлена важная роль конвекситальных отделов префронтальной коры в регуляции произвольных движений и действий, конструктивной деятельности, различных интеллектуальных процессов.

Программирующая функция речи выражается в построении смысловых схем речевого высказывания, грамматических структур предложений, в переходе от замысла к внешнему развернутому высказыванию. Программирующая функция речи страдает при поражениях передних отделов речевых зон — заднелобных и премоторных отделов левого полушария.

9.2. Характеристика речевых сигналов

Основной *психоакустической характеристикой* речи человека является ее разборчивость, т.е. степень правильного восприятия слушателем звуков, слов и смысла речи. Максимальная разборчивость характерна для восприятия *связной речи* в виде предложений — *фразовая разборчивость*. Если человек воспринимает изолированные слова, процент разборчивости оказывается меньше. Он еще больше снижается при передаче изолированных фонетических элементов речи типа слогов — логотомов. Это объясняется высокой информационной избыточностью связной речи, позволяющей слушателю догадываться о нечетко произнесенных и даже вообще не произнесенных звуках по ее смыслу. Таким образом, восприятие речи не сводится к последовательной оценке отдельных речевых элементов (звуков, слогов, слов и предложений), а в каждый данный момент является вероятностным процессом.

Важнейшими *акустическими характеристиками* речи являются *частота звука и его интенсивность*.

Основными частотными характеристиками звуков речи являются частота основного тона и обертоны. *Частотой основного тона голоса* называется наименьшая частота колебаний звука при его прохождении через сомкнутые края голосовых складок в процессе фонации (вокализации). Частота основного тона измеряется в герцах. Она позволяет идентифицировать личность по голосу и воспринимается на слух как высота голоса человека. Изменения частоты основного тона во времени определяют интонацию голоса — ударение, вопрос, повествование, восклицание и др., а также индивидуальные и эмоциональные особенности речи.

Обертоны — ряд тонов, возникающих при звучании основного тона и придающих звуку особый оттенок или тембр.

Резонаторная система речевого тракта (ротовая полость, глотка) обладает свойством усиливать отдельные полосы частот звука, порождаемого голосовыми связками. Максимумы акустической энергии на спектрах звуков называются *формантными максимумами* или *речевыми формантами*. На основе речевых формант человек опознает звук речи.

Интенсивность речевого сигнала субъективно воспринимается как громкость и измеряется в децибелах. Средний уровень интенсивности разговорной речи при измерении на расстоянии 1 м колеблется от 60 до 80 дБ относительно стандартного нулевого уровня, за который принято звуковое давление $2 \cdot 10^{-5}$ Па. Разница между наиболее слабыми звуками речи, встречающимися в 1% случаев, и наиболее сильными звуками, также встречающимися в 1% случаев, составляет 47 дБ. Эта разница называется *динамическим диапазоном речи*.

Речевой сигнал поставляет слушателю информацию двух видов. Это, во-первых, собственно речевая, или *лингвистическая* (языковая, семантическая, вербальная), информация. Ее носителем является слово, в котором заключен определенный смысл. Во-вторых, звуковая речь содержит информацию о поле, возрасте говорящего, о его физическом состоянии, здоровье, об эмоциональном состоянии и т.д. Причем эта информация не зависит от того, что говорит человек. Подобная информация называется *экстралингвистической* (внеязыковой). Она содержится в характерных особенностях организации речи и акустики голоса говорящего — тембре, высоте, громкости, интонации, темпоритмических характеристиках и т.д.

Звуки речи, замещение которых изменяет смысл слова, принято называть *фонемами*. Например, слова «зов», «ров», «шов» отличаются только первыми звуками, слова «бак», «бук», «бок» — вторыми, а слова «воз», «вол», «вор» — третьими звуками (фонемами).

Интерпретация слова может определяться не лингвистическими фонемами, а содержанием предложения. Так, слова совершенно идентичные по составу и звучанию (например, коса, ласка), имеют разное смысловое значение в зависимости от контекста, в котором они представлены.

9.3. Речевые центры мозга

Управление деятельностью речевого аппарата осуществляется высшими отделами мозга человека — корой больших полушарий, значительные участки сенсорных и моторных областей которой специализированы на восприятии, интерпретации, запоминании и воспроизведении речи. В речевых функциях принимают участие также

подкорковые образования мозга, которые связаны с эмоциями и памятью.

Кора больших полушарий головного мозга человека содержит три важнейших для речевой функции *сенсорных* поля: 1) зрительное (поле 17 по Бродману); 2) слуховое (поле 41 по Бродману); 3) сомато-сенсорное (поля 1—3 по Бродману).

В передней центральной извилине правого и левого полушарий (поля 4 и 6 по Бродману) расположено *первичное моторное поле*, которое управляет мышцами лица, конечностей и туловища. Именно оно определяет произвольную двигательную активность человека, существенной частью которой является речь и письмо. Помимо первичных, существуют также вторичные сенсорные и моторные поля, расположенные в непосредственной близости к первичным зонам, а также важнейшая *интегративная* часть мозга — лобная доля, регулирующая программное обеспечение речи (рис. 7).

Три взаимосвязанные речевые зоны, расположенные в задней височной области (зона Вернике), нижней центральной извилине (зона Брока) и в дополнительной моторной коре левого полушария, действуют как единый речевой механизм (рис. 8).

Пути осуществления кооперации различных областей коры головного мозга в процессе реализации речевых функций представлены на рис. 9.

Если воспринимается письменная речь, то сначала включается первичная зрительная кора. После этого информация о прочитанном слове поступает в угловую извилину, которая связывает зрительную форму данного слова с его акустическим аналогом в зоне Вернике. Дальнейший путь, приводящий к возникновению речевой реакции, такой же, как и при чисто акустическом восприятии. Аналогичный путь восприятия письменной речи существует и у глухих людей.

Взаимодействие речевых корковых зон осуществляется не только по горизонтали с помощью корково-корковых связей и взаимодействий, но и по вертикали, через *базальные ядра* (неостриатум, палеостриатум и ограда).

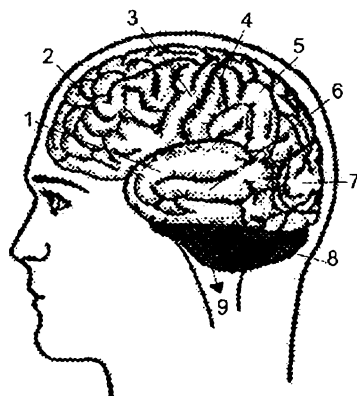


Рис. 7. Важнейшие сенсорные, моторные и интегративные области мозга, прямо или опосредованно связанные с осуществлением речевых функций:

1 — зона слуха; 2 — лобная доля; 3 — зона мышечной регуляции; 4 — сомато-сенсорная область; 5 — теменная доля; 6 — височная доля; 7 — затылочная доля (зона зрения); 8 — мозжечок; 9 — путь к спинному мозгу

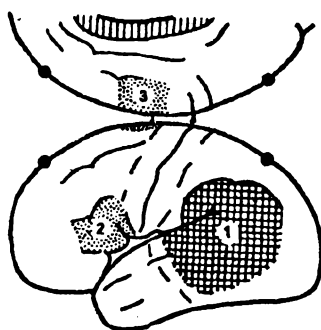


Рис. 8. Схема трех взаимосвязанных речевых полей по важности:

1 — теменно-затылочное поле, включающее зону Вернике; 2 — переднее лобное поле (зона Брока); 3 — дополнительное моторное поле, значение которого выявляется при поражении других речевых полей

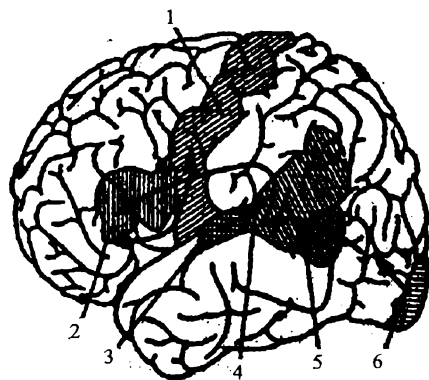


Рис. 9. Кортиковые пути, связывающие различные слухоречевые зоны:

1 — моторная кора; 2 — зона Брока; 3 — первичная слуховая кора; 4 — зона Вернике; 5 — угловая извилина; 6 — первичная зрительная кора

Достаточно отметить, что неостриатум (хвостатое ядро и скорлупа) является местом конвергенции всех сенсорных систем, т.е. осуществляет интегративные и ассоциативные функции. Синтезируемый в черной субстанции дофамин поступает к синапсам хвостатого ядра и регулирует механизм взаимодействия между нео- и палеостриатумом (бледный шар). В случае нарушения взаимодействия, в том числе и опосредованного дофамином, наблюдаются двигательные нарушения, в частности нарушения координации речи как моторного процесса. Последнее связано с одной из функций хвостатого ядра, а именно с регуляцией перехода от одного движения к другому и создания условий для реализации как изолированных движений, так и их последовательности.

Дисфункции палеостриатума — бледного шара — помимо общих гиподинамических нарушений приводят к монотонной, безинтонационной речи.

Регуляция речи, особенно голоса, осуществляется с участием *лимбической системы* мозга: от передней лимбической коры через таламо-гипоталамические ядра, центральное серое вещество и двойное ядро продолговатого мозга, управляющее функциями голосовых

связок. Есть также прямой путь: лимбическая кора — центральное серое вещество — двойное ядро — ларингеальный нерв.

Речевая функция, таким образом, связана не только с корковыми структурами, но и с функциями различных подкорковых образований мозга.

9.4. Речевые функции полушарий

Асимметрия полушарий мозга в связи с механизмами речи схематически проявляется следующим образом.

Тональный слух идентичен для обоих полушарий.

Было обнаружено, что левое полушарие участвует в основном в аналитических процессах, оно является базой для логического мышления. Левое полушарие обеспечивает речевую деятельность: ее понимание, генерацию и работу со словесными символами. Оно обладает способностью временного различения последовательности речевых сигналов. Обработка входных сигналов осуществляется в нем, по-видимому, последовательным образом.

Участие правого полушария необходимо для опознания интонаций, транспортных и бытовых шумов, музыкальных мелодий, для улучшения выделения сигнала из шума. Правое полушарие не способно реализовывать команду для продуцирования речи, но оно обеспечивает понимание устной речи и написанных слов. Понимание речи, осуществляемое правым полушарием, ограничено конкретными именами существительными, в меньшей степени отглагольными существительными, еще в меньшей степени — глаголами. Правое полушарие обеспечивает понимание эмоционального содержания интонаций, опознание по голосу, участвует в модуляции частот голоса.

Исследование функциональной асимметрии мозга у детей показало, что первоначально обработка речевых сигналов осуществляется обоими полушариями и доминантность левого формируется позже. Если у ребенка, научившегося говорить, возникает поражение речевой области левого полушария, то у него развивается афазия. Однако примерно через год речь восстанавливается. При этом центр речи перемещается в зону правого полушария. Такая передача речевой функции от левого полушария правому возможна лишь до 10 лет. Специа-

лизация правого полушария в функции ориентации в пространстве возникает также не сразу: у мальчиков в возрасте от 6 лет, а у девочек — после 13 лет.

Еще очень мало известно о причинах, которые привели к специализации полушарий. Наиболее интересным и обоснованным является объяснение этого процесса Дорин Кимурой и ее коллегами (1992). Исходя из того что речевая функция левого полушария связана с движениями ведущей правой руки, предполагается, что специализация левого полушария для речи является следствием не столько асимметричного развития символических функций, сколько развития определенных двигательных навыков, которые помогают в общении. *Язык появился потому, что левое полушарие оказалось приспособленным для некоторых видов двигательной активности.*

Д. Кимура полагает, что в эволюционном плане именно развитие руки как органа языка жестов, ее манипулятивных способностей и привело к развитию левого полушария.

При повреждении различных участков коры левого полушария и соединяющих эти участки нервных путей возникают афазии и другие нарушения речи (табл. 1).

На основании того факта, что при повреждении левого полушария афазия чаще встречается у мужчин, было высказано предположение о более выраженной асимметрии мозга у мужчин в отношении речи.

Функциональная асимметрия мозга обнаружена не у всех людей. Примерно у одной трети она не выражена, т.е. полушария не имеют четкой функциональной специализации.

9.5. Контроль над речью

Для оценки успешного выполнения той или иной моторной поведенческой программы, в том числе и речи, необходим контроль ее реализации как в процессе выполнения, так и по конечному результату. Такая оценка осуществляется мозгом человека благодаря системам с обратными связями. У человека существуют три сенсорных канала получения информации об успешной реализации речевого процесса: слуховой, проприоцептивный и кинестетический, зрительный.

Таблица 1

**Симптомы речевых нарушений при повреждении
различных зон мозга**

Поврежденная область мозга	Симптомы
<i>Афазия Брока</i>	
Третья лобная извилина левого полушария — зона Брока	Затруднение в произношении слов. Понимание речи, чтение и письмо не нарушены. Больной осознает свой дефект
<i>Афазия Вернике</i>	
Задняя часть верхней височной извилины левого полушария — зона Вернике	Затруднение в произношении слов отсутствует. Сохранены ритм, интонации, грамматические формы. Речь беглая, но бессмысленная, содержит несуществующие слова. Понимание речи, чтение и письмо сильно нарушены. Больной не осознает дефект
<i>Проводниковая афазия</i>	
Нервные волокна, соединяющие зону Брока и зону Вернике	Речь беглая, бессмысленная, повторение фразы затруднено. Сохранена некоторая способность к пониманию речи и чтению
<i>Словесная глухота</i>	
Область между первичной слуховой корой и зоной Вернике	Понимание устной речи нарушено. Сохранены понимание письменной речи, устная речь и письмо
<i>Аномическая* афазия</i>	
Угловая извилина — место соединения височной, теменной и затылочной долей левого полушария	Неспособность называть предметы, имя человека. Нарушение памяти на слова, обозначающие предметы
<i>Глобальная афазия</i>	
Обширное поражение левого полушария	Нарушение всех языковых функций

*Аномия — неспособность вспомнить слово и дать название предметам и явлениям.

Точность воспроизведения речи, т.е. соответствия акустической формы речевого сигнала его акустическому образу, сформированному в процессе обучения, контролирует *слуховая обратная связь*. Она начинается в слуховой височной зоне и проходит в центробежном направлении параллельно путям и центрам афферентной слуховой системы вплоть до волосковых клеток улитки внутреннего уха. Точность воспроизведения речи контролируется также оценкой афферентации от *проприоцептивных и кинестетических рецепторов*, расположенных в мышцах и суставах речеобразующих органов. Полученная от рецепторов соматосенсорной системы афферентация сравнивается с хранящимся в памяти образом правильного двигательного акта и оценивается по степени соответствия эталона его реализации в движении. В механизмах проприоцептивного контроля участвуют кора третьей лобной извилины левого полушария и нижняя моторная кора обоих полушарий.

Контроль конечного результата влияния экспрессивной речи на слушателя реализуется по *зрительному и слуховому каналам афферентации*. Зрительное восприятие обеспечивает человеку оценку реакции слушателя на произнесенные звуки. Это дает возможность определить, достигло ли речевое сообщение той цели, которую имел в виду говорящий. Слуховой канал позволяет говорящему дать оценку результата воздействия речи по речевому ответу слушателя. Эти виды контроля требуют участия многих структур мозга.

Раздельный контроль исполнения (качества речевой продукции) и конечного результата (смыслового содержания высказывания) дает возможность человеку выявить причины неудачи речи как способа коммуникации.

Говорящий и слушающий в процессе генерации и восприятия звуковой речи составляют единую систему. Говорящий реализует семантическую программу речи в определенной грамматической и акустической форме. Параллельно он осуществляет двойной контроль качеств речевой продукции: говорящий использует для контроля результата акустическую обратную связь, проприоцептивный и зрительный контроль параллельно. Для слушателя главной задачей является понимание смысла высказывания.

9.6. Развитие речи в онтогенезе

В настоящее время показано, что формирование речевой деятельности у человека обуславливается как влиянием внешней (языковой) среды на основе процессов обучения, так и врожденными биологическими детерминантами. Установлены врожденные основы освоения языка для систем восприятия и генерации речевых сигналов. В пользу генетической обусловленности процессов генерации речевых звуков свидетельствует сходство физических характеристик акустических сигналов у новорожденных разных национальностей. Формирование же звуков, характерных для конкретного языка, происходит под воздействием специфического языкового окружения и, вероятно, основано на имитации как форме обучения.

В Санкт-Петербургском университете в лаборатории Г.А. Куликова поведился инструментальный и фонетический анализ вокализаций, записанных в ходе лонгитюдного исследования 9 здоровых детей, начиная с первых недель в течение первого полугодия.

Основными сигналами, генерируемыми младенцами на протяжении первых двух месяцев жизни, являются *плач и хныканье*, большинство звуков которых могут быть переданы при фонетической интерпретации как варианты гласных [а] или [э]. Звуки, напоминающие согласные, — [х] и [к] или их сочетание [кх], включенные в плач или короткие сигналы типа [эхе], [кхе], [ах], как правило, сопровождают определенные врожденные реакции ребенка — хныканье, покашливание и т.д. Позднее, в возрасте двух-трех месяцев, обнаруживается возрастание разнообразия гласноподобных звуков и закономерное увеличение количества сочетаний согласноподобных с гласноподобными звуками.

В данном исследовании, как и во многих других, проведенных ранее (на нерусскоязычных детях), были зарегистрированы звуки, не являющиеся типичными для родного языка. Так, появляющееся с трехмесячного возраста гортанное [г] характерно для немецкого, а не для русского языка, часто присутствуют носовые гласные, типичные для французского языка. Ряд звуков, по-видимому, точнее могут быть переданы транскрипциями английского языка (например, [wa], [wi]).

В целом следует заключить, что в случае ранних вокализаций в основном имеет место продукция *генетически детерминированных сигналов*. Вероятно, сходство фонетических характеристик акустических сигналов новорожденных во многом детерминировано процессами стабилизации дыхания на первых неделях жизни, созревaniem голосового аппарата (которое занимает все первое полугодие), а также анатомическими преобразованиями, меняющими конфигурацию резонансных полостей.

Причина сходства звуков детей разных национальностей состоит в том, что они являются компонентами эмоциональных реакций. Действительно, как выявлено в исследованиях Г.А. Куликова и его сотрудников, первые появляющиеся речеподобные элементы совпадают со звуками, сопровождающими эмоциональные реакции и врожденные поведенческие акты. Однако преимущественная генетическая обусловленность еще не означает отсутствия эффективности средовых влияний уже в ранний период развития. Принято считать, что влияние языковой среды на речепroduкцию основано на имитации как форме обучения. Имитационные способности у человека проявляются с первых дней жизни и прежде всего выражаются в лицевой экспрессии, а позднее — в артикуляции и жестах. В работах последних лет показано, что способность к звуковой имитации обнаруживается уже в возрасте 12 недель. Об этом же свидетельствуют наши данные: в возрасте 2,5 месяцев выявлена возможность генерации ребенком звуков в ответ на обращение к нему. При этом звуками, генерируемыми в ответ на такое обращение, являлись те, которые ранее проявлялись в качестве звукового сопровождения врожденных рефлексорных реакций, — [кхе], [эге].

Условные рефлексы на словесные раздражители появляются лишь во второй половине первого года жизни. При общении взрослых с ребенком слово обычно сочетается с другими непосредственными раздражителями. В результате оно становится одним из компонентов комплекса. Например, на слова «Где мама?» ребенок реагирует поворотом головы в сторону матери только в комплексе с другими раздражителями: кинестетическими, вызванными положением тела, зрительными (привычная обстановка, лицо человека, задающего вопрос), звуковыми (голос, интонация). Стоит изменить один из компонентов

комплекса, и реакция на слово исчезает. Постепенно слово начинает приобретать ведущее значение, вытесняя другие компоненты комплекса. Сначала выпадает кинестетический компонент, затем теряют свое значение зрительные и звуковые раздражители. И уже одно слово вызывает реакцию.

Предъявление определенного предмета при одновременном его назывании приводит к тому, что слово начинает заменять обозначаемый им предмет. Эта способность появляется у ребенка к концу первого года жизни или началу второго. Однако слово сначала замещает лишь конкретный предмет, например данную куклу, а не куклу вообще, т.е. слово выступает на этом этапе развития как *интегратор первого порядка*.

На втором году жизни словарный запас ребенка увеличивается до 200 и более слов. Он начинает объединять слова в простейшие речевые цепи, а затем строить предложения. Превращение слова в *интегратор второго порядка*, или в «сигнал сигналов», происходит в конце второго года жизни. Для этого необходимо, чтобы на него было выработано не менее 15 различных условных связей (пучок связей). Ребенок должен научиться оперировать с различными предметами, обозначаемыми одним словом. Если число выработанных условных связей меньше, то слово остается символом, который замещает лишь конкретный предмет.

Между тремя и четырьмя годами жизни появляются слова — *интеграторы третьего порядка*. Ребенок начинает понимать такие слова, как «игрушка», «цветы», «животные». К концу третьего года словарный запас достигает 500 — 700 слов. Словесные реакции вызываются не только непосредственными раздражителями, но и словами. Ребенок научается говорить. К пятому году жизни у ребенка возникают более сложные понятия. Так, слово «вещь» он относит и к игрушкам, и к посуде, и к мебели и т.д.

Однако абстракции более высокого порядка для ребенка долго остаются недоступны. Например, как показали наши исследования, первоклассники в начале учебного года в большинстве своем не знают, что такое секунда, хотя другие понятия, обозначающие время, — «день», «ночь» — могут определить довольно точно. Причина заключается в том, что у человека нет специального анализатора времени, а

поэтому нет и его непосредственного чувственного восприятия. Действительно, секунду нельзя увидеть, потрогать, услышать. А поскольку отсутствует реальная эмпирическая основа, то и связь между явлением и словом, обозначающим его, вырабатывается с большим трудом. Такая возможность появляется значительно позже, когда мозг в целом завершает свое развитие, т.е. к 10 – 12 годам.

Глава 10. СОЗНАНИЕ И БЕССОЗНАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

10.1. Феномен сознания и подходы к его определению

Феномен сознания без преувеличения можно назвать одним из самых загадочных и слабо изученных явлений животного мира. Его исследованием занимаются практически все дисциплины, имеющие отношение к человеку: философия, психология, физиология, медицина, педагогика и т.д.

Не вызывает сомнения тот факт, что индивидуальное сознание человека неразрывно связано с материальными процессами, протекающими в его организме, в первую очередь в головном мозге. Поэтому психофизиология изучает проявления сознания в объективных, физиологических показателях (ЭЭГ, КГР, ВП и т.д.). Проблема заключается в том, чтобы установить, какие именно материальные процессы, механизмы и состояния мозга лежат в основе сознания. В связи с этим перед исследователем встает проблема: какие объективные показатели являются наиболее информативными и в наиболее полной мере отражают физиологические процессы, протекающие при этом в мозге. Решение данной проблемы сопряжено с большими теоретическими, методологическими и методическими трудностями.

О том, что представляет собой сознание, высказывается большое разнообразие мнений. Можно определять сознание как субъективно переживаемую последовательность событий, противопоставляемых бессознательным процессам, например таким, которые возникают в вегетативной нервной системе. Часто сознание связывают с осведомленностью человека о том, что с ним происходит или что он воспринимает.

В настоящее время единого общепринятого определения сознания не существует. Среди разных позиций следует выделить два принципиально различающихся подхода к определению сознания: философский и физиологический.

В *философии* сознание рассматривается как совокупность некоторых когнитивных операций, связанных: 1) с субъективным переживанием своих мыслей, чувств, впечатлений и 2) возможностью передать их другим с помощью речи, действий или продуктов творчества.

В рамках данного подхода сознание человека — это способность отделения себя (Я) от других людей и окружающей среды (не Я), адекватного отражения действительности и возможность регуляции отношений между личностью и окружающей средой.

Другое определение в рамках того же подхода может быть сформулировано следующим образом. Сознание — это такое знание, которое с помощью слов, математических символов, образов художественных произведений может быть передано другим людям и другим поколениям в виде памятников культуры. Таким образом, собственное знание становится общим знанием (сознанием).

Сознание базируется на коммуникации между людьми, развивается по мере приобретения индивидуального жизненного опыта и связано с языком, с помощью которого человек «организует» свой опыт и который является способом выражения этого опыта.

В *физиологии* сознание рассматривается как определенное состояние бодрствующего мозга или как уровень активности мозга. Данная точка зрения предполагает существование различных уровней сознания — от глубокой комы («без сознания») до полного бодрствования. При относительно низких уровнях бодрствования, например во сне, сознание в полном объеме своих функций не проявляет. Таким образом, в медицинской практике и в психофизиологии сознание понимается в первую очередь как особое состояние мозга, при котором только и возможна реализация высших психических функций. В этом плане сознание тождественно вниманию. Еще Э.Б. Титченер, классик экспериментальной психологии, определял внимание как способность и возможность концентрировать сознание».

10.2. Теории сознания

Существует множество теорий о механизмах сознания, в которых предпринимается попытка сформулировать необходимые и достаточные условия для возникновения сознания.

Изучая процессы концентрации и индукции возбуждения, их распределение по коре, И.П. Павлов создал теорию сознания, которая получила название *теории «светлого пятна»*. Он связывал сознание с фокусом возбуждения, «светлым пятном», областью повышенной возбудимости, которая может перемещаться по коре. При этом сознание не обязательно связано с символическими операциями — второй сигнальной системой и речевой деятельностью. По И.П. Павлову, сознание есть у человека и у животных.

Эта идея нашла дальнейшее отражение в *теории «прожектора»* Ф. Крика (1984). Важная роль здесь отводится таламусу. Именно он направляет поток возбуждения в кору больших полушарий. Согласно представлениям Ф. Крика, взаимоотношения между релейными ядрами таламуса построены таким образом, что в каждый данный момент одно из них оказывается в состоянии высокой возбудимости, усиливая импульсный поток к соответствующим участкам коры. В то же время другие ядра оказываются заторможенными. Период такой высокой возбудимости длится около 100 мс, а затем усиленный поток поступает к другому отделу коры. Нейроны в этих участках коры синхронизируют свою активность в диапазоне гамма-ритма. Синхронизация ритма является основой для создания нейронного ансамбля, работа которого и определяет содержание сознания в данный момент времени. Нейронные процессы, лежащие за пределами луча «прожектора», образуют подсознание. Таким образом, сознание становится возможным только при достижении определенного уровня возбуждения коры, создаваемого таламусом.

В 80-е гг. XX в. получила распространение *теория повторного входа* Дж. Эдельмана (1981), предлагавшая иной нейрофизиологический механизм, лежащий в основе сознания. Суть теории заключается в следующем. Возбуждение из первичной сенсорной коры возвращается туда снова после дополнительной переработки в гиппокампе (память) и эмоционально-мотивационных структурах. Повторный

вход дает возможность сопоставлять наличную информацию с имеющейся в памяти. Объединение двух потоков информации составляет один цикл сознания и длится около 100 – 150 мс.

Эта идея получила дальнейшее развитие в концепции А.М. Иваницкого (1977) о *кольцевом движении нервных импульсов*. Центральное место в этой концепции занимает понятие информационного синтеза, предусматривающее объединение информации о физических и семантических особенностях стимула в проекционной коре (рис. 10).

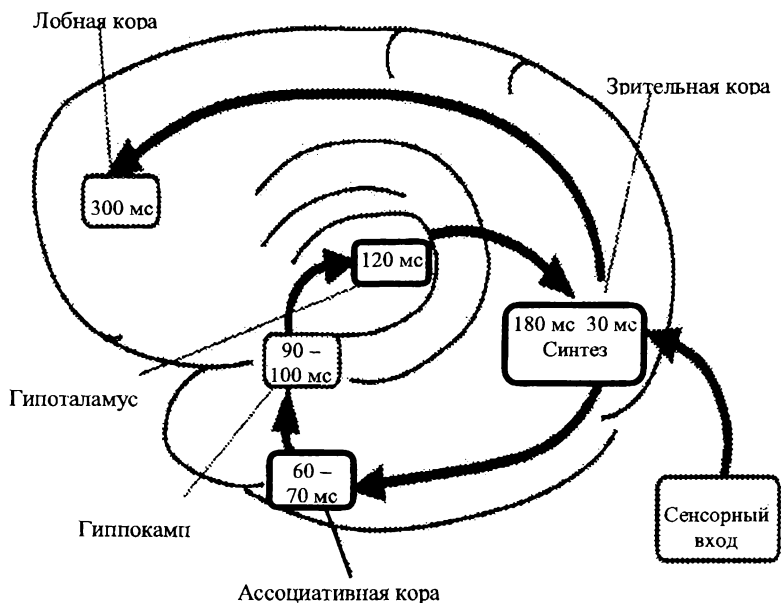


Рис. 10. Схема кольцевого движения возбуждения при возникновении ощущений (по А.М.Иваницкому)

Сначала возбуждение, вызванное сенсорным стимулом, поступает в проекционную кору, а затем от нее к ассоциативной коре. Для зрительной модальности ассоциативные отделы находятся в височной коре. Далее сигнал поступает к структурам лимбико-

гиппокампального комплекса и подкорковым центрам эмоций и мотиваций. Здесь извлекается информация о значимости стимула для организма. Эта информация по системе диффузных проекций вновь возвращается в проекционные отделы коры.

Синтез двух видов информации: наличной (сенсорно-специфической) и извлекаемой из памяти (о значимости стимула) — определяет появление ощущения (около 100 – 150 мс). Опознание стимула происходит с участием лобных областей мозга приблизительно через 300 мс от момента предъявления. Движение возбуждения по кольцу составляет психический мониторинг происходящих изменений во внешней и внутренней среде.

Приведенные выше теории не исчерпывают всего многообразия подходов и концепций, направленных на решение данной проблемы. Однако, несмотря на определенные различия между ними, можно выделить несколько общих положений, отмечаемых авторами:

1. В основе сознания лежит синхронизация нейронной активности в диапазоне гамма-ритма.
2. Фокус повышенной активности нейронов, создаваемый за счет синхронизации, не является постоянным, а изменяется во времени, перемещаясь по коре больших полушарий.
3. Осознанное восприятие возможно лишь при условии синтеза наличной сенсорно-специфической информации и информации, извлекаемой из структур эмоционально-мотивационного и мнестического комплексов.

10.3. Структурно-функциональные основы сознания

Для осознания и категоризации ощущений необходимо участие как корковых, так и подкорковых структур мозга.

В процессах сознательного восприятия участвуют *корковые проекции* органов чувств. Во время хирургических операций на мозге, проводимых под местной анестезией, при прямой электрической стимуляции различных зон коры можно вызвать сознательные ощущения и воспоминания о прошлых событиях, не активируя афферентные пути. Например, если раздражению подвергаются области кисти руки в корковой проекции (зона S1 по Бродману), человек ощущает прикос-

новение к кисти руки (вспомним проецируемые ощущения); раздражение проекционных зон глаза приводит к ощущению вспышки света; раздражение височных областей коры вызывает цепь воспоминаний, в первую очередь слуховых — музыкальных фрагментов, ритмов, знакомых и незнакомых мелодий.

Однако не всякий стимул способен вызвать сознательное ощущение. Для его осознания необходимо соблюдение определенных условий. Так, кратковременный (менее 100 мс) стимул может вызвать ощущение только при его высокой интенсивности (например, вспышка молнии). Чем меньше время действия раздражителя, тем больше должна быть его сила. Эта закономерность получила название *закона Блоха–Шарпантье*, который может быть выражен уравнением $I \cdot t = \text{const}$, где I — интенсивность стимула; t — время его действия. В основе этого феномена лежит явление временной суммации возбуждения. Закон отражает общеизвестный факт, состоящий в том, что мы можем видеть быстрые движения только при ярком свете. Акробат, быстротой и изяществом движений которого мы восторгаемся, помещается обычно в центре светового пятна.

В то же время в области пороговых стимулов впечатление интенсивности раздражителя усиливается при увеличении площади, на которую данный стимул действует. В основе этого явления лежит пространственная суммация. Данная зависимость получила название *закона Рикко–Пайнера*. Он выражается уравнением $I \cdot S = \text{const}$, где I — интенсивность стимула; S — площадь, на которую он действует. Приблизительно линейная пространственная суммация пороговых стимулов составляет, например, основу для обнаружения крупных объектов при слабом освещении. В сильно затемненной комнате положение стрелок еще можно разглядеть на будильнике с большим циферблатом, но не на ручных часах.

Участие сенсорной коры каждой модальности является необходимым, но не достаточным условием для проявления сознательного восприятия, определяемого человеком как ощущение, образ предмета, явления или события. Для того чтобы стимул был осознан, необходим приток активирующих воздействий из *ретикулярной формации и неспецифического таламуса* в кору мозга. Повреждение верхней части

ствола мозга приводит к стойкой потере сознания. Следовательно, активность этих структур регулирует состояние сознания.

Информация о физических параметрах объекта восприятия передается по каналам специфической сенсорной системы, неспецифическая активация определяет уровень бодрствования. Эмоциональная окраска восприятия зависит от активности *лимбической системы*, в которую поступают сенсорные сигналы по нескольким параллельным путям. При этом даже слабый, но значимый стимул может быть усилен (на основе положительной обратной связи) за счет лимбической системы. В результате такого усиления стимул становится доступным для осознания. Иными словами, слабые стимулы с большей вероятностью будут опознаны, если они являются эмоционально значимыми для человека или связаны с каким-то предшествующим опытом. Ярким примером здесь может служить поведение матери у постели больного ребенка. Даже самые слабые звуки, издаваемые ребенком (всхлипывания, неровное дыхание и т.д.), которые в обычной ситуации остались бы незамеченными (неосознаваемыми), в ситуации болезни становятся мощными раздражителями, вызывающими соответствующие действия со стороны матери.

Связи лимбической системы с высшим центром регуляции вегетативных функций — гипоталамусом — являются основой включения произвольных бессознательных рефлекторных реакций в процесс сознательного восприятия. Например, в минуты опасности сложные двигательные действия сопровождаются учащением пульса, потоотделением и т.д.

Важнейшую роль в осознании ощущений играет *ассоциативная кора*. Это большие «неопределенные» области. Традиционная наука о мозге утверждает, что здесь образуются ассоциативные связи между специализированными областями и интегрируется приходящая из них информация. Кроме того, здесь, как полагают, текущая информация объединяется с эмоциями и воспоминаниями, что позволяет людям думать, решать, составлять планы.

Так, например, считается, что ассоциативные поля *теменной доли* объединяют соматосенсорную, зрительную и слуховую информацию. Эта объединенная информация помогает нам иметь точное представление о положении собственного тела в окружающем про-

странстве. Слияние сенсорных данных с информацией, извлекаемой из кладовых нашей памяти, позволяет нам осмысленно интерпретировать специфические зрительные сигналы, звуки и тактильные ощущения. Когда что-то движущееся и пушистое коснется вашей руки, вы будете по-разному реагировать на это в зависимости от того, услышите ли вы одновременно с этим мурлыканье вашей кошки или рев медведя.

Принято считать, что на наше решение при встрече с медведем или кошкой опосредованно влияют ассоциативные поля лобной доли. Интегрированная сенсорная картина события передается *лобной коре*. Благодаря обширным двусторонним связям с лимбической системой к этой картине добавляется эмоциональный оттенок, а также информация, взятая из памяти. Другие нервные связи тоже доставляют информацию, которая позволяет лобной коре оценить текущие требования организма и окружающей среды и выбрать среди них первоочередные — решить, что лучше, а что хуже для организма в данной ситуации. Лобная кора, по-видимому, ответственна и за выбор целей, которые мы ставим перед собой на будущее. Она обеспечивает формирование, реализацию и корректировку двигательных программ, направленных на достижение этих целей, а также прогноз достижения полезного результата. Где именно в коре происходят эти сложнейшие процессы фильтрации и абстрагирования данных и как они осуществляются, пока неизвестно.

При помощи обширных нервных связей лобная кора, видимо, взаимодействует с *височной корой* в выполнении ряда высших мозговых функций. Височная кора участвует в процессах памяти, в частности в решении вопроса о том, что именно подлежит хранению, а также в хранении и извлечении информации не только о самих прошлых событиях, но и о том, как они оценивались — как приятные или неприятные. Обширные поражения этой зоны могут привести к потере долговременной памяти (или, по крайней мере, к неспособности извлекать из нее информацию). Кроме того, уникальная способность человека — использование языка — основана на совместной работе ассоциативных полей височной и лобной долей, а также затылочной доли.

10.4. Сознание и межполушарная асимметрия мозга

Еще в середине XIX в. выдающийся ученый Г. Фехнер рассматривал сознание как атрибут мозговых полушарий и полагал, что целостность мозга является существенным условием единства сознания. Если бы можно было разделить мозг по средней линии, рассуждал он, то это привело бы к чему-то вроде удвоения личности. Подобная операция по рассечению мозолистого тела была проведена почти столетие спустя Р. Сперри и др. Результаты операции указывают на отдельную специфическую локализацию в обоих полушариях разных функций мозга, связанных с сознанием.

Принципиальная важность положения о том, что именно мозг в целом является носителем сознания, отчетливо прослеживается в клинических исследованиях, направленных на изучение специфики нарушения сознания вследствие избирательного поражения правого или левого полушария у правшей и левшей, которые оказываются резко отличающимися. Классическими в этом плане являются работы Н.Н. Брагиной и Т.П. Доброхотовой (1988).

При поражении *правого полушария у правшей* во время приступа наблюдалось игнорирование левого пространства (больной не видел, не слышал врача, стоящего слева), левая половина воспринимаемого мира заменялась воспоминаниями. Больной воспринимал только половину внешнего мира, причем расположенную справа от него. При этом могли появляться «вспышки пережитого» (больной заново переживал события, произошедшие в далеком прошлом, например в возрасте 7 лет).

Поражение *левого полушария у правшей* вызывает, в первую очередь, нарушение речи (больной не говорит и не понимает). Возникают провалы в памяти, неадекватные поступки с последующей амнезией. Нередки случаи кратковременного отключения сознания или так называемые сумеречные состояния сознания, когда поведение определяется галлюцинациями или больной автоматически продолжает начатую деятельность.

Иную картину изменения сознания дают *поражения полушарий у левшей*. У них особенности нарушения сознания не так сильно зависят от стороны повреждения мозга. Нарушение сознания у левшей менее

определенно, более разнообразно. Преобладают галлюцинаторные феномены, причем галлюцинации неотчетливы, смазаны и полимодальны (зрительные, слуховые, осязательные и т.д.). По интенсивности переживания галлюцинации у левшей почти равны силе реальных событий, кроме того, они многократно повторяются.

В заключение следует подчеркнуть, что в сознании представлены только конечные результаты процессов обработки информации, которые мы осознаем в виде последовательных картин, эпизодов. Операции, лежащие в основе создания самих эпизодов, в сознании и интроспекции не представлены. Их можно вычлениить с помощью только специальных экспериментальных процедур. Но чтобы понять сознание, нужно знать его механизмы, т.е. элементарные операции, которые лежат в основе формирования субъективного образа и сами реализуются на уровне подсознания. Чтобы понять, что такое сознание, нужно выйти за его пределы. Прогресс в этом отношении достигается с помощью таких неинвазивных методов, как электроэнцефалография, магнитоэнцефалография, измерение локального мозгового кровотока, позитронно-эмиссионная и магнитно-резонансная томография.

10.5. Измененные состояния сознания

Исключительно важное значение для выявления психофизиологических закономерностей функционирования психики имеет изучение измененных состояний сознания. Это понятие охватывает довольно широкий круг явлений. Изменения в состоянии сознания возникают у человека в обычных условиях жизнедеятельности, например при переходе от бодрствования ко сну. Изменения состояний сознания возможны в условиях усложненной трудовой деятельности (например, в условиях высокогорья при низком содержании кислорода в воздухе и в других тяжелых, экологически неадекватных условиях). При травмах мозга, отравлениях, метаболических расстройствах может возникнуть грубое нарушение функций центральной нервной системы с утратой сознания, так называемая кома. Наряду с этим существуют и искусственно вызываемые измененные состояния созна-

ния, такие как медитация и гипноз. Остановимся кратко на их характеристике.

Медитация. Это состояние длительной рефлексии или размышления. В состоянии медитации у субъекта снижается уровень потребления кислорода и энергозатрат. Существуют различные виды медитации, при этом возникают разные ощущения. Но во всех отчетах медиумов одинаковыми остаются описания ощущения расслабления и благодати. Однако нужно отметить, что психофизиологические исследования проводились лишь для некоторых из них.

Одним из наиболее распространенных методов медитации является так называемая *трансцендентальная медитация*. По совокупности данных, полученных при изучении ЭЭГ-активности в процессе медитации, отмечается следующее:

1. В начале медитации возрастает амплитуда альфа-ритма, однако на этом фоне нередко возникает депрессия альфа-ритма.

2. По мере углубления состояния возникают тета-разряды, часто перемежающиеся с альфа-, особенно у индивидов с ярким медитативным опытом.

3. В глубокой медитации (самадхи) наблюдаются высокочастотные бета-разряды (20 — 40 Гц).

4. В конце медитации даже при открытых глазах доминирует альфа-ритм.

Другой распространенный вид медитации — *дзен-медитация* — характеризуется спокойным и пристальным сосредоточением. Объекты, на которые направлено внимание во время медитации, воспринимаются без каких-либо эмоциональных реакций или когнитивных оценок. Возможно, это обусловлено отсутствием рассогласования между актуальным впечатлением и ожидаемым событием. Рассогласования не происходит, так как отсутствует прогноз, опирающийся на прошлый опыт, и все события оказываются равно ожидаемыми или равно неожиданными.

Необходимо подчеркнуть, что во время дзен-медитации сохраняется активный контакт с внешним миром, по крайней мере на перцептивном уровне. Доказательством этому служат особенности изменения ЭЭГ. В обычном состоянии сознания при закрытых глазах любой неожиданный сигнал вызывает реакцию десинхронизации или

блокады альфа-ритма на несколько секунд с последующим его восстановлением. Известно, что ориентировочная реакция обладает способностью угасать: при многократном повторении одного и того же сигнала через равные промежутки времени реакция десинхронизации становится все более короткой и в конце концов затухает. Каждый последующий сигнал воспринимается как совершенно идентичный предыдущему.

В состоянии же дзен-медитации, сколь бы часто ни повторялся сигнал, реакции угасания не наступает: блокада альфа-ритма возникает каждый раз при повторном предъявлении стимула. Продолжительность реакции десинхронизации также остается постоянной — две секунды. Следовательно, сигнал каждый раз воспринимается как новый и вызывает активную ориентировочную реакцию, что свидетельствует об относительном постоянстве уровня бодрствования.

Большой интерес вызывают данные, накопленные в результате исследований *медитации и межполушарной асимметрии* с помощью ЭЭГ-метода. Так, было показано, что начальная стадия медитации связана с большей дезактивацией левого полушария, чем правого. Предполагают, что это приводит к «выключению» вербальных, логических мыслительных функций и чувства времени, присущих левому полушарию. Взамен начинает доминировать правое полушарие, ответственное за целостное восприятие окружающего, находящееся за пределами языка и логики.

Наиболее важной и яркой ЭЭГ-характеристикой медитации является тенденция к внутри- и межполушарной синхронизации ЭЭГ. Причем синхронизация в состоянии медитации существенно выше, чем в состоянии сна или дремоты. Исключение составляет БДГ-сон, при котором синхронизация ритмов столь же высока, как и при медитации. Последнее позволяет предположить наличие психофизиологического сходства между БДГ-сном и медитацией. Ряд исследователей утверждают, что медитация может существенным образом уменьшить время БДГ-сна у медитирующих и даже служить его заменой, но, тем не менее, не тождественна сну.

Важно подчеркнуть, что в процессе медитации достигается своеобразная «пустота» сознания — состояние, которое не поддается вербализованному описанию. До формирования современных представлений о

разных типах мышления медитационная практика представлялась мистической.

Гипноз. Это особое состояние сознания, которое возникает под влиянием внушения, включая и самовнушение. Гипноз характеризуется повышенной восприимчивостью гипнотика к психическому воздействию гипнотизера и низкой чувствительностью ко всем другим внешним раздражителям.

У человека по самой простой классификации выделяют три стадии гипноза: 1) сонливость, когда гипнотик может противостоять словесному внушению и открыть глаза; 2) гипнотаксия — легкий сон, когда он не может открыть глаза и подчиняется почти всем внушениям (если они не противоречат его основным личностным установкам); 3) сомнамбулизм — глубокий сон, когда гипнотик полностью подчинен гипнотизеру и характеризуется амнезией после пробуждения. Следовательно, гипнотическое состояние является сноподобным состоянием с сохранением речевой связи гипнотика с гипнотизером.

Гипнабельность (подверженность гипнозу, степень и вид внушаемости) зависит от возраста, пола, состояния здоровья, усталости, интеллекта, т.е. от многих индивидуальных качеств личности. Практически все люди поддаются гипнотическому влиянию, хотя и в разной степени. Успех введения в гипноз зависит не только от воли гипнотизера, но и от доверия и желания самого гипнотика.

К объективным проявлениям гипноза относят три категории фактов:

1) способность к направленной регуляции вегетативных функций, что невозможно в обычных состояниях сознания (например, воспаление и некроз ткани при внушении ожога, изменение частоты пульса при внушении эмоций разного рода и т.п.). Показано, что сходные способности к регуляции вегетативных функций отмечаются при использовании систем с биологической обратной связью;

2) возможность влиять на неконтролируемые сознанием психические процессы — увеличение объема памяти, изменение содержания сновидений, галлюцинаторные представления и т.п.;

3) повышенная творческая активность как в состоянии гипноза, так и в постгипнотическом состоянии.

Обычно выделяют четыре *стадии гипноза*:

1) гипноидность, сопровождающаяся психическим и мышечным расслаблением, миганием и закрыванием глаз;

2) легкий транс, для которого характерна каталепсия конечностей. Они могут длительное время находиться в необычном положении;

3) средний транс, когда возникают амнезия, изменения личности, возможны простые гипнотические внушения;

4) глубокий транс, который характеризуется полным сомнамбулизмом и фантастическими внушениями.

При гипнозе изменяется состояние коры больших полушарий, которое меняет соотношение между первой и второй сигнальными системами. Снижается контроль второй сигнальной системы над первой и облегчается воспроизведение пережитых состояний и зрительных образов. Возбуждение коры при восприятии слов гипнотизера оказывается изолированным от влияния остального мозга. Воздействия на мозг оказываются необычайно сильными с длительным последствием, что обуславливает и длительный лечебный эффект гипнотического внушения (гипнотерапии). ЭЭГ человека под гипнозом сходна с ЭЭГ в состоянии бодрствования, а не сна.

Во время гипноза человеку можно внушить отсутствие слуха, зрения, осязания и даже боли, можно получить извращенные реакции (иллюзии), например на вкусовые или обонятельные раздражители, вызвать галлюцинации и т.д. Принципиальный интерес представляют исследования с внушением возраста, когда у человека восстанавливаются особенности памяти, речи, почерка, характерные для его детства, меняется фонетическая выразительность речи, темп и содержание мышления. Примеры с внушением возраста позволяют ставить проблему о физиологии памяти человека, которая может храниться неограниченно долгое время. Прежний опыт человека не стирается из памяти и при необходимости может быть использован им для решения конкретной жизненной задачи.

В психологическом плане в основе гипноза лежит моральная капитуляция человека, который некритически подчиняется приказу гипнотизера. Снижение волевых свойств личности, повышенная тревожность усиливают внушаемость. Все эти проявления могут быть обусловлены ограничением вербально-логических компонентов

мышления с одновременным раскрепощением его образных компонентов.

Механизмы гипноза остаются неизвестными, а завершенной теории гипноза еще не разработано, хотя ряд заболеваний успешно излечивается под гипнозом.

Кома. Кома определяется как состояние глубокого нарушения сознания, характеризующееся угнетением функций ЦНС, нарушением регуляции жизненно важных центров в головном мозге. У находящегося в коме человека полностью отсутствуют реакции на внешние раздражители, заторможены все рефлексы, отсутствует моторика.

По степени тяжести различают три *стадии комы*:

1. Для легкого коматозного состояния характерно сохранение некоторых рефлексов (например, сухожильных) и реакций. При незначительном расстройстве дыхательной функции и сердечной деятельности затруднено глотание. Нарушена деятельность корково-подкорковых отделов.

2. При выраженной коме отсутствуют реакции на внешние раздражители, привычные рефлексы не вызываются. Однако отмечается наличие патологических рефлексов, в частности нарушается работа выделительных систем. Процесс дыхания приобретает патологические формы, что сопровождается сердечной аритмией, слабым пульсом и снижением артериального давления. К снижению активности корковых и подкорковых функций добавляется угнетение стволовых и снижение спинальных функций.

3. Глубокая кома характеризуется симптомами, указывающими на поражение корково-подкорковых, бульбарных и спинальных функций. Имеют место грубые нарушения процесса дыхания и сердечной деятельности.

Как особое состояние выделяется запредельная кома. Она представляет собой искусственное продление вегетативных функций организма после наступления «мозговой» смерти, что достигается благодаря искусственной вентиляции легких, медикаментозному стимулированию кровообращения. При этом полностью нарушены все психические функции, а электроэнцефалограмма представлена ровной линией.

10.6. Психофизиология бессознательного

Следует ли у человека все психическое отождествлять только с сознательным опытом или необходимо допустить существование бессознательных психических явлений? Кроме естественнонаучного значения, этот вопрос имеет несомненный методологический аспект.

Неосознаваемые процессы обработки информации, о влиянии которых субъект не отдает себе отчета, принято относить к категории бессознательного.

Понятие бессознательного нередко толкуется весьма широко и включает в себя все психические явления, о наличии которых человек либо не подозревает в данный момент, либо не знает в течение длительного времени, либо вообще никогда не знал. В качестве одного из примеров бессознательного можно привести факт неосознаваемости сигналов, непрерывно поступающих в головной мозг из самого организма, его внутренних органов, мышц, суставов.

П.В. Симонов (1987) предлагает выделять три группы проявлений бессознательного.

Первая группа — *досознательное*. Оно охватывает наши биологические потребности, выражающиеся в безусловных рефлексах и врожденных формах поведения (инстинктах), а также в генетически заданных свойствах темперамента.

Вторая группа проявлений бессознательного — *подсознание*. К ней относится все то, что ранее уже было осознано и вновь может стать осознаваемым в определенных условиях. Это различные автоматизированные навыки, стереотипы автоматизированного поведения. К ним же относятся неосознаваемые побудители деятельности (мотивы, смысловые установки), глубоко усвоенные человеком нормы поведения, вытесненные из сферы сознания мотивационные конфликты. В процессе эволюции подсознание возникло как средство защиты сознания от лишней работы и непереносимых нагрузок. Оно предохраняет человека от излишних энергетических трат, защищает от стресса.

Одной из наиболее характерных черт подсознания является его консерватизм. В работах Э.А. Костандова (1983) экспериментально продемонстрирована трудность угасания условных реакций, вырабо-

танных при подкреплении неосознаваемых и эмоционально окрашенных стимулов. Они плохо поддаются воздействию тех психотропных веществ (диазепам), которые влияют на осознаваемые условные рефлексы. Усвоенные на уровне подсознания условные рефлексы приобретают императивность, жесткость, присущую безусловным рефлексам. Отсюда возникает иллюзия врожденности некоторых проявлений бессознательного («голос крови», «классовый инстинкт»).

Третью группу бессознательных явлений составляет *сверхсознание*, или интуиция, связанная с процессами творчества, которые не контролируются сознанием. Термин «сверхсознание» заимствован у К.С. Станиславского и идентичен термину «*надсознательное*». Сверхсознание — источник новой информации, гипотез, открытий. Под сверхсознанием понимается высший этап творческого процесса. Его нейрофизиологическая основа — трансформация следов памяти и создание из них новых комбинаций, образование новых временных связей, порождение аналогий. За сознанием остается функция отбора гипотез на основе их логического анализа. Сверхсознание (интуиция) всегда «работает» на удовлетворение потребности, устойчиво доминирующей в иерархии мотивов субъекта. В отличие от подсознания деятельность сверхсознания не осознается ни при каких условиях. Сознание оценивает лишь результаты деятельности сверхсознания.

В современной психофизиологии все большее признание получает термин «*неосознаваемое*».

Широкий круг психических явлений у человека связан с неосознаваемым *подпороговым* восприятием значимых внешних сигналов. Они не достигают уровня сознания и не осознаются субъектом, однако вызывают вегетативные, биоэлектрические и эмоциональные реакции и могут влиять на процессы высшей нервной деятельности. Неосознаваемый стимул вызывает более *диффузную* и более *слабую активацию коры больших полушарий*.

Г.В. Гершуни (1977) описал так называемую *субсенсорную зону*, т.е. зону подпороговых раздражителей, на которые можно выработать условные рефлексы, неосознаваемые испытуемым. В его опытах неощущаемый звук (на 3—6 дБ ниже слухового порога) подкреплялся болевым раздражением, вызывающим КГР. После 25—35 таких сочетаний КГР начинала появляться на изолированное предъявление под-

порогового звука. Была выработана также условнорефлекторная блокада альфа-ритма на подпороговый звук (на 6—12 дБ ниже порога слышимости), сопровождающийся засветом, вызывающим депрессию альфа-ритма. Таким образом, на неосознаваемом уровне возможна условнорефлекторная деятельность, хотя и в достаточно узкой зоне, вблизи субъективных порогов.

Существенный вклад в понимание неосознаваемых процессов внес Э.А. Костандов (1983). В ряде его экспериментов с предъявлением эмоционально значимых и нейтральных слов было показано, что ответы мозга на эти стимулы и субъективные отчеты испытуемых о виденном не всегда совпадают. Было установлено, что информация о внешнем раздражителе по специфическим сенсорным путям поступает в соответствующие проекционные зоны коры и перерабатывается там независимо от того, находится человек в сознании или без сознания. Наиболее существенным оказался тот факт, что наличие ВП (ответа на стимул) в проекционных зонах коры не означает, что человек осознает, какой именно стимул ему предъявили.

Следовательно, для осознания сигнала недостаточно переработки информации в проекционных зонах коры, должен существовать нервный механизм, обеспечивающий дополнительные условия осознания сигнала. Этот механизм, по мнению Э.А. Костандова, реагирует на физически очень слабые, но психологически значимые для данной личности раздражители. Он не обеспечивает осознание эмоционально значимого раздражителя, но активизация этого механизма может приводить к целому ряду биоэлектрических и вегетативных реакций, а также к изменению некоторых психологических функций и состояний.

10.7. Сознание как эмерджентное свойство мозга

Согласно системному подходу, любая функционирующая система приобретает свойства, не присущие ее компонентам. Такие свойства называются системными или *эмерджентными* (от англ. *emergent* — неожиданно появляющийся, независимый). Они свойственны только системе и исчезают при разложении ее на элементы. Возникая как эмерджентное свойство мозговых систем, сознание приобретает уни-

кальную способность выполнять функцию нисходящего контроля над нейронными процессами более низкого уровня, подчиняя их работу задачам психической деятельности и поведения.

В соответствии с этими представлениями психическая деятельность мозга не может получить исчерпывающего объяснения в физико-химических, молекулярно-биологических или электрофизиологических категориях. Хотя и физические, и химические, и электрические силы наличествуют и действуют в мозге, как и раньше, но сознание несводимо к этим процессам. Чтобы понять, что такое сознание, что лежит в его основе, недостаточно собрать знания обо всех клетках и молекулах, из которых построен мозг. Такой тип знания не открывает путей даже к пониманию того, как эти молекулы осуществляют свои функции, а тем более к пониманию работы мозга как целого. Эта одна из самых сложных научных проблем — проблема соотношения части и целого — на сегодняшний день остается неразрешимой. В частности, неизвестно, с какого уровня объединения элементов система приобретает особые (эмерджентные) свойства, в данном случае свойства сознания.

В русле этой логики особое значение для выявления физиологических основ психической деятельности и поведения приобретают не отдельные клеточные элементы, в частности нейроны, а свойства новых форм и моделей, в которых акцент делается на нисходящий контроль со стороны высших уровней над низшими. Таким образом, проблема сознания не может быть решена в рамках отдельно взятой науки — психофизиологии, а должна опираться на синтез знаний, полученных в разных дисциплинах, имеющих отношение к человеку.

Глава 11. СОН И СНОВИДЕНИЯ

Сон — это особое состояние организма, характеризующееся отсутствием активного взаимодействия с окружающей средой и частичным прекращением сознаваемой психической деятельности. Во сне выключается сознание, снижается чувствительность сенсорных систем, резко падает мышечный тонус. Наблюдаются изменения и в работе других систем организма.

Признаками сна являются следующие: 1) снижения уровня сознания; 2) зевание; 3) понижение чувствительности анализаторов;

4) урежение сердцебиения, дыхания, снижение секреторной деятельности желез (слюнных — сухость слизистой оболочки рта; слезных — жжение глаз, слипание век).

11.1. Теории сна

Природа сна как наиболее загадочного состояния организма интересовала ученых с древних времен.

Ранее других сформировалась *сосудистая* (циркуляторная, или гемодинамическая) *теория сна*. При этом одни ученые связывали наступление сна со снижением кровотока в мозге, другие — с его усиленным кровенаполнением. Предлагалась версия, согласно которой сон является результатом застоя крови, возникающем при горизонтальном положении тела. По другой версии сон возникает в результате анемии, т.е. уменьшения количества эритроцитов и (или) снижения уровня гемоглобина в крови. Следствием этого является утомляемость, слабость, сонливость. Современные исследования показали, что в течение сна действительно происходит колебание кровенаполнения мозга.

В конце XIX в. возникла *гистологическая теория сна*, согласно которой чувствительные нейроны во время сна втягивают свои окончания и таким образом как бы предотвращают воздействие внешнего мира на организм. Эта гипотеза не получила дальнейшего развития вследствие отсутствия каких-либо физиологических доказательств в ее пользу.

Большее распространение получили *гуморальные теории сна*. Основоположником этого направления является А. Пьерон. А. Пьерон и Р. Лежандр (1910) считали, что вследствие утомления в организме накапливаются токсические продукты обмена (диоксид углерода, молочная и карбоновые кислоты, холестерин). Эти вещества были названы *гипнотоксинами*. Основной целью исследований был поиск и выделение гипнотоксинов. Сон возникает в результате их накопления. Доказательством тому служили опыты с животными. Так, собакам долгое время не давали спать, а затем их спинномозговую жидкость вводили другим собакам. У последних развивались признаки крайнего утомления и возникал глубокий сон.

В 1965 г. Ж. Монье использовал препарат с перекрестным кровообращением у двух кроликов. Кровь от мозга одного кролика попадала в туловище другого, и наоборот. Если у одного из кроликов раздражали участки мозга, вызывающие сон, то второй кролик тоже засыпал. Это можно было бы объяснить переносом каких-то «веществ сна». Действительно, во время сна в мозгу обнаружено избыточное накопление ряда биологически активных веществ — ацетилхолина, гамма-аминомасляной кислоты, серотонина.

Впоследствии многочисленные исследователи выделяли «фактор сна» из спинномозговой жидкости, крови и мочи различных животных, и с каждым годом увеличивался список обнаруженных в организме веществ, связанных со сном. Были выявлены они и у человека. Так, например, из мочи и спинномозговой жидкости был выделен глюकोпептид — фактор *S*, вызывающий медленноволновой сон при введении животным. Другой пептид — так называемый пептид дельта-сна (*delta-sleep inducing peptide*) — также индуцирует глубокий сон. Результаты многочисленных современных исследований позволяют сделать вывод, что единственного фактора сна в понимании А. Пьерона реально не существует. Исследования в этом направлении активно продолжаются.

В гуморальных теориях остается пока неясным ряд моментов. Во-первых, неизвестен механизм, посредством которого выделенные вещества вызывают наступление сна: сами ли они вызывают сон или их влияние опосредуется другими факторами. Во-вторых, выделенные пептиды часто вызывают сон лишь у животных определенного вида. Гуморальной теории сна противоречат наблюдения над сросшимися близнецами, обладающими общим кровообращением, но раздельной центральной нервной системой. Одно из таких наблюдений было проведено в Москве (Т.Т. Алексеева, 1959): сон у близнецов наступал не одновременно, одна голова спала, а другая бодрствовала. Эти данные свидетельствуют, по крайней мере, о второстепенной роли гуморальных факторов в развитии сна. Поэтому большее распространение получили *нервные теории сна*, связывающие сон с работой определенных структур мозга.

Уже в самых ранних исследованиях механизмов сна четко намечаются две основные точки зрения на эту проблему. В соответствии с

первой сон возникает в результате активного процесса, возбуждения определенных структур (центров сна), которое вызывает общее снижение функций организма (*активные теории сна*). Второе направление объединяет *пассивные теории сна*, или теории деафферентации, согласно которым сон наступает пассивно в результате прекращения действия каких-то факторов, необходимых для поддержания бодрствования. Различия между этими направлениями удачно определил Н. Клейтман, писавший, что «заснуть» и «не суметь остаться бодрствующим» — это не одно и то же, так как первое предполагает активное действие, а второе — пассивное устранение активного состояния.

В первых неврогенных теориях сна, возникших в конце XIX – начале XX в. в результате клинических наблюдений после эпидемии летаргического энцефалита, отражаются эти две противоположные тенденции. Так, Л. Маутнер пришел к выводу, что причиной наступления сна при данном заболевании была опухоль в области среднего мозга, вызывавшая сдавливание афферентных путей и прекращение потока сенсорных импульсов (*деафферентация*) в высшие отделы мозга. К. Экономо же считал, что сон наступает в результате торможения таламуса и коры больших полушарий *центром сна*. Исходя из противоположного характера ведущих симптомов заболевания (сонливости или бессонницы), он полагал, что центр сна состоит по крайней мере из двух частей — каудальной, являющейся как бы центром бодрствования, и ростральной, действующей как центр сна.

Первыми экспериментальными исследованиями, свидетельствующими о существовании центра сна, явились работы швейцарского физиолога В. Гесса (1933). Показав, что слабое электрическое раздражение четко ограниченной области промежуточного мозга у подопытных кошек вызывало сон со всеми подготовительными фазами (потягивание кошки, умывание, принятие характерной позы), В. Гесс высказал предположение, что существует центр, возбуждение которого обеспечивает наступление естественного сна. В дальнейшем опыты В. Гесса были подтверждены многочисленными исследователями, которые вызывали наступление сна у подопытных животных при помощи электрического и химического раздражения гипоталамуса и прилежащих структур. У больных с пораженным гипоталамусом также отмечалась повышенная сонливость: у раненого солдата осколок

снаряда находился на уровне гипоталамуса, а попытка извлечь осколок пинцетом вызывала мгновенный глубокий сон. Все это привело к тому, что теория о центре сна получила значительное признание.

И.П. Павлов не соглашался со взглядами В. Гесса о подкорковой природе сна, отдавая предпочтение корковым механизмам. Он рассматривал сон как следствие иррадиации торможения, распространяющегося по коре больших полушарий, и находил много общего между активным условнорефлекторным сном и условным внутренним торможением. Таким образом, взгляды И.П. Павлова лежали в русле активных теорий сна.

В рамках пассивных теорий развивались работы Н. Клейтмана, который пришел к выводу о том, что сон — это легко обратимая пассивность высших функциональных центров коры, наступающая в результате уменьшения потока афферентной импульсации.

Когда в 1949 г. Дж. Морuzzi и Х. Мэгуэн открыли неспецифическое активирующее влияние ретикулярной формации на кору больших полушарий, поддержание бодрствующего состояния стали объяснять ее тоническим влиянием. Дальнейшие исследования привели к открытию и других активирующих систем — диффузной неспецифической таламической системы и активирующих структур заднего гипоталамуса, которые также связывали с состоянием бодрствования.

Впоследствии в целом ряде работ было показано, что раздражение ретикулярных структур ствола мозга может вызывать не только пробуждение, но и сон. Так, низкочастотное раздражение почти всех исследуемых пунктов ретикулярной формации (область среднего мозга, моста и продолговатого мозга) у кошек вызывало наступление сна, что позволило Дж. Росси и А. Цанкетти предположить существование в стволе мозга двух антагонистических механизмов — десинхронизирующего (пробуждающего) и синхронизирующего (вызывающего сон). Поэтому сон стали рассматривать не как пассивное состояние отсутствия бодрствования, а как результат активного торможения деятельности мозга. Дж. Морuzzi также привел экспериментальные доказательства того, что в нижних отделах ствола мозга имеются синхронизирующие структуры, действующие как антагонисты ретикулярной формации. К синхронизирующим структурам, раздражение которых может вызвать наступление сна у животного, позже были

отнесены и хвостатое ядро, и неспецифическая таламическая система, и структуры базальной части переднего мозга, в частности преоптическая область.

Одна из попыток создания единой теории сна была предпринята П.К. Анохиным (1945). Состояние сна он представлял как результат проявления целостной деятельности организма, строго координирующей корковые и подкорковые структуры в единую функциональную систему.

В своей гипотезе П.К. Анохин исходил из того, что гипоталамические центры сна находятся под непрерывным тормозным влиянием со стороны коры больших полушарий. При длительном бодрствовании жизненная активность клеток коры снижается, поэтому их тормозное воздействие на гипоталамус ослабевает. Гипоталамус при этом начинает оказывать угнетающее влияние на ретикулярную формацию, «выключая» ее активирующее воздействие на кору (рис. 11).

При бодрствовании корковые влияния (I) тормозят центры сна (II) и восходящие активирующие влияния ретикулярных структур (III) и возбуждения, идущие по лемнисковым путям (IV), свободно достигают коры. При наступлении сна заторможенные отделы коры (I) перестают оказывать сдерживающие влияния на центры сна (II) и они блокируют восходящие активирующие влияния (III), не затрагивая возбуждений по лемнисковым путям (IV).

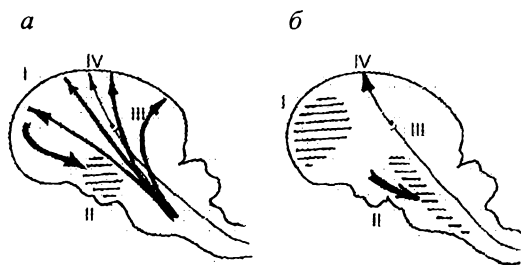


Рис. 11. Схема взаимодействия центров сна и «пробуждающих» структур при бодрствовании (а) и наступлении сна (б)

Все большее внимание начинает привлекать так называемая *информационная теория сна* (Н. Винер). Согласно этой теории, в течение дня мозг накапливает огромный объем информации, усвоение которой затруднено, а часть ее не имеет отношения к долговременным задачам. Если кратковременная память заполняется днем, то ночью часть содержащейся в ней информации «переписывается» в долговременную память. Особенности процессов переработки информации требуют отключения от сигналов внешнего мира.

11.2. Структура сна

В рамках пассивных и активных теорий регуляции сна бодрствование рассматривалось как состояние, противоположное сну, а сон сам по себе считался единым феноменом. Когда в 1953 г. Е. Азеринский и Н. Клейтман открыли феномен быстрого сна, то идея монолитного сна оказалась разрушенной.

Основные данные, полученные за годы многочисленных и разнообразных исследований сна, сводятся к следующему. Сон — не перерыв в деятельности мозга, это просто иное состояние. Весь период сна делится на две фазы — *медленный* и *быстрый* сон. Они отличаются по суммарной электрической активности мозга (ЭЭГ), двигательной активности глаз, тону мышц и многочисленным вегетативным показателям (частоте сердечных сокращений и дыхания, электрической активности кожи и т.д.).

Для оценки глубины сна обычно используют энцефалограмму. По ее особенностям выделяют несколько *стадий сна*. В качестве основного критерия для их разделения служит наличие дельта-волн в ЭЭГ.

Для спокойного бодрствования и дремоты характерно проявление альфа-ритма. Его амплитуда уменьшается, и он может вообще исчезать. При внешнем раздражении наступает реакция десинхронизации — смена альфа-ритма высокочастотным бета-ритмом.

При появлении легкой сонливости (I стадия) альфа-ритм постепенно исчезает, возникает неустойчивая низкоамплитудная активность. Иногда появляются тета-волны. При этом дельта-ритм практически отсутствует.

Во II стадии (поверхностный сон) в ЭЭГ на уплощенном фоне появляются сонные веретена (12—16 кол./с). Это самая яркая черта данной стадии. Доля дельта-ритма здесь составляет до 20%.

III стадия характеризуется постепенным уменьшением доли сонных веретен и одновременным усилением низкочастотной активности. Высоковольтные дельта-волны занимают уже от 20 до 50% эпохи записи ЭЭГ.

На IV стадии развивается наиболее глубокий сон: дельта-волны занимают более 50% ЭЭГ. III и IV стадии вместе обозначают термином «медленный сон», так как здесь преобладают медленные колебания активности мозга.

У. Демент, Н. Клейтмен описали и V стадию сна как парадоксальный сон. Типичная ЭЭГ-картина парадоксального сна — это низкоамплитудная высокочастотная активность, напоминающая ЭЭГ бодрствующего человека. Здесь полностью отсутствуют дельта-колебания. Название «парадоксальная» эта стадия получила из-за явного несоответствия между состоянием тела, которое находится в полном покое, и активностью мозга. Характерным для этой стадии является быстрое движение глазных яблок (БДГ), которое легко можно наблюдать через веки спящего человека, поэтому парадоксальный сон иначе называют БДГ-сном.

Смена быстрого и медленного сна происходит через равные промежутки времени со средней длительностью 90 мин (один цикл). На ночной сон в среднем приходится 4—5 полных циклов. Сразу после засыпания развивается медленный сон. По мере перехода от первой стадии к четвертой сон становится все более глубоким, человека все труднее разбудить. Затем следует обратный переход от IV к III и II стадии, после которой наступает парадоксальный сон. Сон с БДГ переходит во II стадию медленного сна, затем углубляется до IV стадии, и все повторяется сначала. Медленный сон занимает около 80% продолжительности сна, быстрый — около 20%.

В двух первых циклах преобладает медленный дельта-сон, эпизоды быстрого сна относительно коротки. До 72% медленного сна расходуется в течение первой половины ночи. В последних циклах доля быстрого сна увеличивается, а дельта-сон резко сокращается и

может отсутствовать. В отличие от многих животных, человек не просыпается после каждого цикла сна.

Как медленный, так и быстрый сон характеризуются определенными *соматическими и вегетативными проявлениями*.

Медленный сон развивается при снижении тонической активности антигравитационной мускулатуры (начало атонии), но иногда уровень мышечного тонуса может оставаться таким же, как и во время бодрствования. В глубоком медленном сне расслабляются глоточные мышцы и возникает храп.

Медленный сон сопровождается снижением вегетативного тонуса: сужаются зрачки, розовеет кожа, усиливается потоотделение, снижается слезо- и слюноотделение, уменьшается активность пищеварительной и выделительной систем. Снижается частота дыхания и сердечных сокращений, при этом сохраняется регулярность их ритма. Уменьшается температура тела и скорость метаболизма. В то же время в мозговой ткани интенсивность энергетического обмена во время медленного сна почти такая же, как в состоянии спокойного бодрствования. В этой фазе усиливается секреция некоторых гормонов, например гормона роста, антидиуретического гормона, мелатонина.

Во время медленного сна имеет место своеобразная психическая активность. На это указывают приступы *сомнамбулизма*, которые возникают только во время медленного сна. В определенном смысле сомнамбулизм — это явление, противоположное сновидениям. Во время снохождения, по одним данным, в ЭЭГ возникают большие дельта-волны, по другим — альфа-ритм, который, однако, отличается тем, что не подавляется световыми и другими раздражителями, не исчезает при открывании глаз. Выраженность и длительность приступа сомнамбулизма значительно варьируют. В самом легком случае человек может сесть в кровати, что-то пробормотать и снова заснуть (на ЭЭГ наблюдается картина глубокого дельта-сна). В других случаях сомнамбула встает, ходит, может одеться и выйти из дома (при этом глаза обычно открыты, лицо маскообразное); сомнамбула может давать односложные ответы на простые вопросы (на ЭЭГ появляются признаки дремоты или даже бодрствования). Утром сомнамбула ничего не помнит о происшедшем с ним ночью. В противоположность сновидениям с их насыщенным яркими красками и событиями миром

при полной мышечной атонии сомнамбулизм характеризуется сумеречным состоянием сознания (которое вообще не фиксируется в памяти) при сохранении способности передвигаться, как при бодрствовании.

Характерной особенностью *парадоксального сна* являются быстрые движения глазных яблок при закрытых веках. Наиболее типичное поведенческое проявление парадоксального сна — полное расслабление (атония) мускулатуры тела, поддерживающей позу животного или человека. На этом фоне у животных нередко возникают различные движения усов, ушей, хвоста, подергивания лап, лизательные и сосательные движения и т.д. У новорожденных в быстром сне отмечены сосательные движения, подергивание, гримасы, улыбки. У взрослых могут возникнуть судорожные сокращения мышц лица или пальцев. Любопытно, что все это происходит на фоне расслабления скелетной мускулатуры.

По сравнению с медленным сном вегетативные изменения в парадоксальном сне выражены более отчетливо. Поэтому говорят, что для этой фазы сна характерна «вегетативная буря». Действительно, во время быстрого сна усиливаются физиологические и метаболические процессы: наблюдаются резкие изменения частоты сердечных сокращений (от тахикардии к брадикардии) и дыхания (серия частых вдохов-выдохов, потом пауза), эпизодические подъемы и падения кровяного давления, эрекция полового члена у мужчин и клитора у женщин, что является признаком нормы. Во время БДГ-сна усилена секреция гормонов коры надпочечников, которая в бодрствовании возрастает при стрессе.

Во время парадоксального сна пороги поведенческого пробуждения, вызываемого сенсорной стимуляцией, увеличиваются на 200 — 300% относительно бодрствования.

В быстром сне спонтанная активность нейронов и интенсивность энергетического обмена в мозговой ткани может быть выше, чем в напряженном бодрствовании.

Таким образом, можно утверждать, что мозг активен во время сна, хотя эта активность качественно иная, чем при бодрствовании, и в разных стадиях сна имеет свою специфику.

11.3. Регуляция цикла «сон—бодрствование»

Поскольку сон имеет множественные проявления, то естественно возникает вопрос: какие структуры мозга обеспечивают эти реакции, т.е. какие структуры и за счет каких механизмов обеспечивают цикл «сон — бодрствование»?

Большую часть суток человек пребывает в состоянии бодрствования, которое обусловлено влиянием ретикулярной формации. Во время бодрствования ретикулярная формация поддерживает тонус неокортекса, вызывая ЭЭГ-активацию и поведение бодрствования. Однако степень внимания к окружающим событиям при этом циклично изменяется. Цикл колебаний внимания составляет 90 — 100 мин.

Сон обусловлен взаимодействием нескольких нейронных систем. Поиск этих систем стал предметом многочисленных экспериментов на животных. Основными методами изучения механизмов сна были раздражение определенных структур мозга с помощью микро-электродов, регистрация импульсной активности нейронов этих структур, выделение и идентификация медиаторов и других биологически активных веществ, обуславливающих состояние сна или бодрствования.

В 1967 г. Мишель Жуве, основываясь на данных многочисленных исследований, предложил *моноаминергическую теорию* регуляции цикла «сон—бодрствование», согласно которой медленный и быстрый сон связаны с активностью различных групп моноаминергических нейронов.

Состояние сна развивается, когда возбуждается система *ядер шва*. Ядра шва, находящиеся в срединной части ствола мозга, по-видимому, вызывают сон путем торможения ретикулярной формации. Серотонин — основной медиатор ядер шва. Вероятно, он и является тем фактором, который индуцирует сон. Недостаток серотонина заставляет животное бодрствовать, его избыток приводит к засыпанию. Однако, по-видимому, влияние ядер шва не столь однозначно, как казалось ранее. Максимум серотонина выделяется ядрами шва не во время сна, а во время бодрствования. Судя по результатам недавних

исследований, серотонин служит и медиатором пробуждения, и гормоном сна в бодрствующем состоянии.

Другим стволовым центром сна является *ядро одиночного тракта*, к которому подходят сенсорные волокна от вкусовых почек языка и от внутренних органов. Раздражение этого участка приводит к синхронизации ритмов ЭЭГ.

Состояние сна связывают также с активностью *преоптической области гипоталамуса*. Раздражение этой зоны приводит к синхронизации ритмов ЭЭГ и сонливости, переходящей в сон, поражение ее — к бессоннице.

Наконец, *эпифиз*, выделяющий мелатонин ночью, также играет важную роль в поддержании сна.

Быстрый сон, а также состояние бодрствования обусловлены в первую очередь активностью *голубого пятна* и *ретикулярной формации*, нейроны которых вырабатывают норадреналин. Голубое пятно — это главное скопление нейронов, содержащих норадреналин. При повреждении голубого пятна у животных полностью исчезает БДГ-сон. Медленный сон остается без изменений. Животные спят намного больше, чем обычно.

Активацию мозга можно легко получить путем раздражения *заднего гипоталамуса*. Удаление этого отдела приводит к продолжительному сну.

Быстрые движения глаз инициируются *вестибулярными ядрами*, однако окончательное формирование движений зависит от *двухолмия* и *ретикулярной формации* среднего мозга.

Супрахиазмальные ядра гипоталамуса, по-видимому, ответственны за распределение сна в суточном цикле, но не за его общую продолжительность. Разрушение этих ядер у крыс приводит лишь к тому, что животные спят урывками в разное время суток вместо обычного для них длительного сна в дневное время.

Сказать точно, как взаимодействуют эти мозговые структуры и их медиаторы, мы не можем, но то, что они взаимодействуют в процессе регуляции сна и бодрствования, не вызывает сомнений.

11.4. Сон в онто- и филогенезе

В онтогенезе соотношение «сон—бодрствование» изменяется. Так, новорожденные находятся в состоянии бодрствования лишь небольшую часть суток и значительную часть сна у них занимает быстрый сон. У новорожденных детей на быстрый сон обычно приходится 50% всего времени сна, а у детей, родившихся раньше срока, — около 75%. Предполагают, что доминирование парадоксального сна у новорожденного способствует созреванию нервных элементов и формированию нервных связей.

По мере взросления уменьшается общая продолжительность сна, изменяется соотношение фаз внутри цикла сна: сокращается фаза быстрого сна и относительно возрастает фаза медленного сна. Своей глубиной сон человека значительно отличается от сна животных. Глубокие стадии медленного сна — чисто человеческое приобретение, «артефакт цивилизации», что связано с полной безопасностью ночлега и отсюда сохранностью сна от практически маловероятного неожиданного нападения.

К 14 годам цикл сна достигает 90 мин. У взрослого человека, как уже говорилось, быстрый сон занимает около 1/4 всего времени сна. В старческом возрасте происходит уменьшение общей продолжительности сна, при этом сокращаются фазы и медленного, и быстрого сна. После 75 лет часто наблюдается невротическая бессонница: редуцируется медленный сон, сон становится прерывистым, нарушаются циклы сна.

По своей организации сон млекопитающих и птиц не отличается от сна человека. Парадоксальный сон имеется у всех млекопитающих, а также у птиц. Однако среди млекопитающих как будто не существует никаких закономерностей, определяющих продолжительность сна с БДГ. У опоссума, например, он длиннее, чем у человека.

Медленный сон у животных менее дифференцирован, процентное соотношение медленного и быстрого сна различно у разных животных, а циклы сна, как правило, короче. Особенности организации сна связаны с экологией животных.

Сон копытных связан с их образом жизни — стадностью, боязнью хищников — и имеет характер «рваного» сна (после каждого

цикла сна животное поднимает голову и осматривается, поэтому в каждый момент некоторые особи обязательно бодрствуют).

Особенности сна морских млекопитающих также связаны с их экологией. Для каждого дыхательного акта как во время сна, так и во время бодрствования они должны всплыть, чтобы выставить ноздри в воздух. В зависимости от образа жизни у животных возникли разные формы адаптации. Так, при электрофизиологической регистрации сна у дельфинов обнаружен феномен «однополушарного» сна: дельта-волны возникали только в одном полушарии (поочередно в правом или левом), при этом в другом полушарии картина ЭЭГ соответствовала поверхностным стадиям медленного сна или бодрствованию.

11.5. Сновидения

Сновидения издавна поражают и волнуют людей. В древности они рассматривались как «врата в иной мир»; считалось, что через сновидения может происходить контакт с другими мирами.

Полон верований в сновидения был античный мир, а в Древней Греции сновидения играли руководящую роль даже при выработке законов. Огромное значение приобретали «вещие сны», предсказывающие развитие будущих событий. Однако уже Аристотель учил, что сновидения — это не «язык богов» или «странствие души», а явления, вытекающие из самой сущности человеческого духа, которые представляют собой результат особой деятельности мозга человека, в особенности его органов чувств. В своем трактате «О сновидениях и их толковании» Аристотель пытался понять природу сновидений. Внимание древних мыслителей было сосредоточено главным образом на вопросах о возникновении сновидений и возможности предсказывать события. Эти же вопросы волнуют людей и в настоящее время.

Когда мы говорим о сновидениях, то прежде всего имеем в виду присутствие в них необычных и фантастичных картин. Субъект ощущает себя находящимся в быстро меняющейся обстановке, очевидные пространственно-временные закономерности отсутствуют, могут появляться события и люди из прошлого.

Несмотря на разнообразие и фантастичность мира сновидений, этот мир не содержит ничего абсолютно нового: сновидения — след-

ствие жизненного опыта человека, отражение событий, происшедших с ним ранее. Недаром И.М. Сеченов назвал сновидения «небывальными комбинациями бывалых впечатлений». Любое воздействие может послужить поводом для развертывания целостной картины сновидения. В качестве примера П.К. Анохин приводит эксперимент, когда спящему человеку поднесли к подошве бутылку с теплой водой. Проснувшись, испытуемый рассказал, что ходил во сне по горячему песку и путешествовал по склонам Везувия, из которого прямо ему под ноги извергалась горячая лава.

Впервые систематические исследования роли сновидений предпринял основоположник психоанализа З. Фрейд.

Мощным импульсом к экспериментальному изучению сновидений послужило открытие быстрого сна и его связи со сновидениями. Появилась возможность получения отчетов о сновидениях сразу же после их завершения. К удивлению тех, кто считал, что не видит снов или видит их очень редко, было обнаружено, что каждый человек видит сны несколько раз за ночь.

Экспериментальным путем был решен и вопрос о длительности сновидений. Оказалось, что субъективная длительность сновидений соответствует объективной длительности периода быстрого сна. Испытуемый, разбуженный в начале периода быстрого сна, отчитывается о коротком сновидении, а разбуженный в конце — о длинном. После очень длинных эпизодов быстрого сна (30—50 мин) испытуемые отчитывались о необычно длительных сновидениях. Интересно, что отчеты о содержании этих сновидений были не длиннее, чем в тех случаях, когда испытуемых пробуждали уже через 15 мин после начала быстрого сна. По-видимому, сновидения начинают забываться, несмотря на продолжение длительного эпизода быстрого сна.

Показано, что степень эмоциональной окраски сновидений связана с частотой сердечных сокращений и дыхания, степенью вазоконстрикции и выраженностью электрической активности кожи в последние минуты быстрого сна перед пробуждением.

Однако является упрощением рассматривать быстрый сон как единственную фазу сна со сновидениями, так как испытуемые отчитываются о сновидениях и при пробуждениях из медленного сна. Но отчеты о сновидениях в быстром сне более яркие, более сложные,

фантастичные, более эмоционально окрашенные по сравнению со сновидениями в медленном сне. В 64% пробуждений из медленного сна человек рассказывает о психических переживаниях. Причем они скорее напоминают не сновидения, а мысли, рассуждения. Возникновение ночных кошмаров у детей и взрослых также связано с медленным сном. Между сновидными переживаниями в медленном и парадоксальном сне существуют существенные различия. В медленном сне во время сновидений зрительные картины менее четки, менее аффективны, менее длительны и более реальны. Главное же различие заключается в длительности сна в этих фазах: сновидения в быстром сне более длительны. Видимо, этим объясняется тот факт, что при пробуждении из быстрого сна сновидения лучше запоминаются.

Сны преимущественно носят зрительный характер. У слепорожденных зрительные образы в снах отсутствуют и преобладают осязательные. Реже встречаются сновидения с преобладанием слуховых и осязательных компонентов. На характер сновидений оказывает влияние профессиональная деятельность человека: музыканты чаще переживают чисто слуховые сновидения. Отмечается зависимость сновидений от уровня интеллектуальности, утомления, пола и возраста.

Считают, что каждый человек в течение ночи видит 3—4 сна, но при пробуждении о них забывает.

Объяснение сновидений, попытка увидеть в них предзнаменование будущих событий явилось содержанием так называемых сонников.

Если применительно к событиям внешнего мира предсказательная сила сновидений сомнительна и спорна, то в отношении организма человека содержание сновидений заслуживает внимания. Н.И. Касаткин (1973) полагает, что сновидения в период быстрого сна играют роль «стража», сигнализируя о внутренних опасностях, ибо в сновидениях могут быть предсказаны заболевания на 1—3 месяца раньше их проявления.

Пророческие сны описаны в античной литературе и в трудах древних врачей. Например, Гален описывает сон больного, в котором нога казалась ему каменной, а через несколько дней наступил паралич этой ноги. Французский невролог Дж. Лермит сообщил, что его паци-

ент видел во сне укус змеи в ногу и вскоре на этом месте появилась язва.

В.М. Бехтерев (1928), будучи врачом-психиатром, уделял большое внимание диагностическому значению сновидений. При этом он исходил из следующей позиции: в сновидениях происходят явления, которые развиваются из того же источника, что и внутренние переживания в состоянии бодрствования.

Этого же взгляда придерживался крупный русский невропатолог М.Н. Аствацатуров. Он отмечал, например, что тревожные сновидения с элементами страха смерти и внезапными пробуждениями могут свидетельствовать о заболевании сердца при отсутствии в это время каких бы то ни было субъективных жалоб на него.

Результаты многочисленных современных исследований позволяют предполагать, что одной из основных функций сновидений является эмоциональная стабилизация.

Следовательно, сновидения указывают на наличие в прошлом или настоящем определенных физиологических или психических состояний, имеющих отношение к будущему. Поэтому они не могут быть непосредственно обусловлены будущим, а значит, не могут быть и «вещими» в полном смысле этого слова.

11.6. Значение сна

Функции сна. Функциональное значение цикла «сон—бодрствование» в связи с эволюцией *биологической регуляции* рассматривает Н.И. Моисеева. Параллельно с формированием нервной системы, по ее мнению, формировалось повторяющееся состояние, в котором клетки и ткани обретают определенную долю независимости и могут осуществлять саморегуляцию.

Н.И. Моисеева считает, что в состоянии бодрствования на первый план выходят свойства организма как системы, в состоянии же сна на первый план выступают свойства отдельных элементов, поскольку в процессе эволюции оказалось необходимым сохранить автономную биологическую регуляцию структурно-функциональных единиц, из которых состоит организм.

Дж. Морuzzi, отвечая на вопрос о том, почему мы спим, сказал, что главным считает *восстановительные процессы мозга*, но не быстрые, связанные с синаптической передачей и совершающиеся по закону «все или ничего», а медленные, тонические процессы, лежащие в основе обучения, восприятия и сознания.

Восстановительные функции обычно приписывают медленному сну. Выяснилось, что медленный сон нужен для восстановления деятельности соматических органов. Во время медленного сна из гипоталамуса в кровь выбрасывается гормон роста, который участвует в биосинтезе белков в периферических тканях. По Г. Лабори, медленный сон связан с метаболической активностью нейроглии.

Выяснить назначение парадоксальной фазы сна, когда мозг находится в возбужденном, активном состоянии, а тело парализовано, очень трудно. Во время парадоксального сна интенсифицируется биосинтез белков и РНК нейронов.

В.С. Ротенбергом и его сотрудниками (1982) была выдвинута гипотеза о том, что быстрый сон со сновидениями выступает как механизм *компенсации и преодоления стрессовых состояний* и различных жизненных препятствий, восстановления душевных сил и готовности к борьбе. Было показано, что именно после быстрого сна происходит переход от пассивного переживания жизненных неудач к активному поиску путей их преодоления.

Большое распространение получило представление о *мотивационных функциях парадоксального сна*. Основанное на новых экспериментальных данных, оно во многом созвучно положению З. Фрейда о том, что при сновидениях происходит удовлетворение тех потребностей организма, которые не могли быть удовлетворены при бодрствовании, т.е. во сне снимаются запреты, существующие в реальной жизни.

Согласно Р. Гринбергу, основной функцией парадоксального сна является *психологическая стабилизация*, защита личности от нерешенных конфликтов. По Е. Хартману, люди, мало спящие, хорошо приспособлены к жизни, склонны к игнорированию психологических проблем. Долго спящие обременены психологическими и социальными конфликтами и более разносторонни в своих интересах. Предполагают, что потребность в медленном сне относительно стабильна для

всех здоровых людей, а потребность в БДГ-сне связана с личностью индивида и стилем жизни.

Для объяснения функций быстрого сна в последнее время все больше привлекаются *информационные теории*, сущность которых сводится к пониманию задач сна в переработке поступающей в период бодрствования информации. Следует остановиться на двух аспектах информационного подхода. С одной стороны, на основании данных о преобладании быстрого сна на ранних этапах жизни человека и животных М. Жуве предположил, что быстрый сон обеспечивает процессы программирования в мозге, необходимые для развития и поддержания генетически предопределенных функций, таких, например, как инстинкты. Эти реакции организма являются ведущими в раннем онтогенезе и обеспечивают его приспособление к окружающей среде. Иначе говоря, сон является одним из факторов, обеспечивающих поэтапное формирование функциональных систем. С другой стороны, во время сна происходит консолидация памятного следа, т.е. формирование энграмм (Н. Винер). Второстепенная, ненужная информация стирается, а важная для дальнейшей деятельности — передается на хранение в долговременную память.

Во сне, по-видимому, может осуществляться *проверка гипотез, решение важных проблем*, постоянно волнующих человека и занимающих все его мысли (например, открытие Д.И. Менделеевым периодической системы или Ф.А. Кекуле — структуры бензольного кольца).

Приведенный выше краткий обзор данных приводит к заключению, что сон выполняет много разнообразных функций, которые реализуются за счет механизмов разного уровня.

Потребность во сне. Многие люди хотели бы спать меньше, так как сон, по их мнению, — это потерянное для жизни время. Другие, наоборот, хотели бы спать больше, так как недостаточно хорошо себя чувствуют, если недосыпают.

«Мы хронически недосыпаем» и «Должны ли мы больше спать?» — так можно сформулировать полярные отношения к вопросу о длительности сна. Одна из обычных сентенций в медицине сна состоит в том, что современное общество сильно недосыпает и это отражается на состоянии человека и общества, являясь в значитель-

ной мере причиной аварий и катастроф. Данная точка зрения подтверждается многочисленными исследованиями, свидетельствующими о негативном влиянии недосыпания на настроение испытуемых и выполнение ими психомоторных задач. С использованием различных психологических тестов показано, что если длительность ночного сна уменьшена на 1,3—1,5 ч, то это сказывается на состоянии бдительности днем. Последние исследования по выяснению необходимой длительности сна показали, что потребность в сне у молодежи в среднем составляет 8,5 ч за ночь. Продолжительность ночного сна в 7,2 – 7,4 ч является недостаточной, а сон менее 6,5 ч в течение длительного времени может подорвать здоровье.

Другая точка зрения состоит в том, что у большинства людей нет хронического недосыпания, но они все равно спят больше так же, как едят и пьют свыше физиологических потребностей. Здесь можно констатировать значительные индивидуальные вариации потребности во сне. Однако отметим тот факт, что после длительного сна улучшение дневной бдительности минимально, а усталость успешно устраняется кратковременными перерывами в работе.

Эффект «накопления нехватки сна» полностью исчезает уже после первого 10-часового периода «восстановительного» сна. Поэтому хроническое недосыпание по рабочим дням и пересыпание по утрам в выходные — явления взаимосвязанные. Тем не менее в заявлении созданного в США комитета «Катастрофы, сон и общественная политика» подчеркивается, что даже небольшое хроническое недосыпание на 1—2 ч чревато серьезными нарушениями в работе, если она постоянно требует высокого уровня сосредоточенности и внимания.

11.7. Нарушение сна и бодрствования

Искусственное лишение человека сна является тяжелейшим испытанием. У животных, которые погибали в результате лишения сна, обнаруживали кровоизлияния в коре больших полушарий, в стволе и спинном мозге.

Нарушения сна очень распространены среди населения цивилизованных стран (например, половина населения Франции принимает

снотворное, в США ежегодно употребляются миллиарды снотворных таблеток).

Основными причинами бессонницы считают: а) недостаток мышечной деятельности; б) возраст (в преклонном возрасте представлены все проявления нарушений сна); в) нарушения традиционного суточного ритма, вызванные цивилизацией. На первое место среди всех факторов, вызывающих нарушения сна, следует поставить информационные перегрузки. При этом резкое возрастание случаев бессонницы влечет за собой потребление огромного количества снотворных препаратов, хроническое использование которых оказывает вредное влияние и на психическую, и на висцеральную сферы организма.

Поскольку механизмы управления сном представлены комплексом структур, то повреждение любой из них может привести к нарушению сна. В клинике выделяют следующие виды нарушений.

Нарколепсия — одна из наиболее распространенных форм патологической сонливости. Ее признаками являются непреодолимые приступы сонливости в дневное время, которые возникают в совершенно неподходящей обстановке. Наступлению приступов способствует однообразная, монотонная деятельность, состояние после приема пищи, сидячая работа, музыка, утомление. Частота приступов — от 3 до 10 в течение дня. Возможны галлюцинации, кратковременный паралич конечностей и речевой мускулатуры в момент засыпания и пробуждения.

Каталепсия — резкое кратковременное падение тонуса мышц, приводящее к падению больного без потери сознания. Причиной данного расстройства считают сильные эмоциональные переживания.

Синдром Пиквика возникает, как правило, у лиц небольшого роста с выраженным ожирением. Характеризуется дневной сонливостью на фоне дыхательной недостаточности. Больные могут засыпать во время монотонной работы и даже во время разговора. Сон сопровождается храпом и задержкой дыхания до одной минуты.

Летаргический сон — это длительное бессознательное состояние, характеризующееся неподвижностью, ослаблением реакции на внешние стимулы. Дыхание при этом плохо улавливается, ослабляется сердечная деятельность, значительно снижается уровень метабо-

лизма. Продолжительный летаргический сон тормозит умственное развитие. Приступы летаргии возникают внезапно и так же внезапно заканчиваются. Продолжительность приступа бывает от нескольких часов (минут) до нескольких дней и даже недель. Летаргия связана с нарушением функции активирующих систем среднего и промежуточного мозга. Наиболее часто встречается при истерии.

Не вдаваясь в детальный анализ клинических случаев патологии, отметим, что в нарушениях сна главную роль играют неврозы. Первое место в борьбе с неврозами занимает психотерапия (беседы с врачом, гипноз, аутогенная тренировка), затем следует физиотерапия, в частности электросон, и, наконец, фармакотерапия. Однако использование снотворных (или транквилизирующих, успокаивающих) препаратов не проходит бесследно для организма человека и поэтому должно проводиться под обязательным контролем врача.

Глава 12. ДВИЖЕНИЕ

Индивидуальный опыт основан на получении информации о внешнем мире, которая поступает в мозг через органы чувств и сенсорные пути. Однако поведение животного определяется тем, как поступающая информация сочетается с внутренними состояниями и потребностями организма и как она используется для выполнения тех или иных действий. Взаимодействие человека и животных с окружающей средой осуществляется только через движение. Мы можем выполнять самые разнообразные движения — от ходьбы и бега до таких тончайших двигательных актов, как сложные манипуляции пальцев у пианиста, различные жесты, а также письмо, речь, мимика, с помощью которых мы передаем оттенки мыслей и чувств.

12.1. Классификация движений. Двигательные системы и их функции

В физиологии движением называется перемещение всего организма или отдельных его частей. Движения могут быть *произвольными* или *непроизвольными*. Произвольные движения в отличие от непроизвольных характеризуются наличием цели. Термин «произволь-

ные движения» относится преимущественно к человеку, хотя зарубежные исследователи используют это понятие и по отношению к животным в процессе выработки у них инструментального рефлекса.

Различают также *активные* и *пассивные* движения. Активные движения обусловлены действиями мышц. Пассивные возникают в результате внешних усилий, приводящих к перемещению частей тела. В эксперименте на животных пассивные движения осуществляются экспериментатором.

В зависимости от типа мышц, обеспечивающих движение, выделяют *висцеральную* и *соматическую* моторику. К висцеральным относятся движения, вызванные сокращением гладкой или сердечной мускулатуры, образующей стенки внутренних органов, например движение кишечника, стенок мочевого пузыря и т.д. К соматическим движениям относятся те, что обусловлены работой скелетных мышц. Существуют и другие классификации движений, на которых здесь мы останавливаться не будем, так как они рассматриваются в соответствующих разделах физиологии.

Независимо от вида движения для его реализации необходимы исполнительные органы — мышцы и нервные сети, управляющие ими. Те и другие вместе образуют *двигательные системы*. Основные функции, которые они выполняют, следующие:

- поддержание позы и тонуса;
- локомоция — перемещение тела в пространстве;
- манипулирование — умение оперировать объектами окружающего мира.

Одна из основных задач, возникающих при изучении двигательных систем, состоит в выявлении *элементарных единиц двигательного поведения*. Существуют две основные концепции относительно таких элементов. Согласно одной из них, простейшими элементами являются *рефлексы*, из которых складываются более сложные формы поведения. В соответствии со второй концепцией поведение животных (особенно беспозвоночных и низших позвоночных) в значительной степени обусловлено *комплексами фиксированных действий* — стереотипными последовательностями, которые либо генерируются в самом организме, либо запускаются внешними

сигналами. Основные особенности тех и других элементов поведения представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Основные различия между рефлексом
и комплексом фиксированных действий**

Рефлекс	Комплекс фиксированных действий
1. Простой, стереотипный и воспроизводимый двигательный акт 2. Запускается действием раздражителя; величина двигательной реакции пропорциональна силе раздражителя	1. Сложный двигательный акт, включающий специфическую временную последовательность нескольких компонентов 2. Запускается внутренними или внешними сигналами. Эти стимулы играют роль триггеров, вызывающих реакцию типа «все или ничего»

Типичными примерами комплекса фиксированных действий являются загребавшие движения у кошек после совершения ими акта дефекации; движения, напоминающие утаптывание грунта, у собак при подготовке ко сну; характерные способы переноса материала для строительства гнезда у разных видов птиц и т.д. Некоторые ученые считают, что наиболее удобными для анализа поведения являются именно комплексы фиксированных действий благодаря их четкой выраженности и устойчивости.

12.2. Принципы регуляции движений

Принято считать, что регуляция поведения биологических систем, включая регуляцию движений, строится на двух основных принципах: *принципе сенсорных коррекций*, или *принципе обратной связи*, и *принципе прямого программного управления*. Последний особенно важен для тех случаев, когда имеются быстрые изменения в системе и это ограничивает возможность сенсорных коррекций.

Для многих видов движения управление может осуществляться одновременно двумя механизмами при разном их соотношении для движений, различающихся сложностью и уровнем организации.

На принципиальную роль обратной афферентации в регуляции движения и поведения в целом указывали Н.А. Бернштейн и П.К. Анохин.

Согласно Н.А. Бернштейну, изменения в мышце, возникающие при движении, возбуждают чувствительные окончания проприоцепторов, а эти проприоцептивные сигналы, достигая моторных центров, вносят изменения в эффекторный поток, т.е. в физиологическое состояние мышцы. Таким образом обеспечивается тонкая координация между актуальным состоянием мышцы и выполняемым ею движением. Рефлекторное кольцо представляет собой фундаментальную форму протекания двигательного нервного процесса.

Но как бы ни было велико значение обратной афферентации от проприоцепции, этого оказывается недостаточно. Без кожной чувствительности она не может обеспечить эффективного афферентного механизма, необходимого для выполнения адаптивного движения. Подтверждением тому служит следующий опыт. Интактную кошку обучали прыгать с одной площадки на другую, находящуюся на расстоянии 100 см от первой. Затем в подушечки пальцев кошки вводили местный анестетик — тримекаин. Кошка, лишенная информации от кожных рецепторов, не может четко выполнять прыжок: или срывается с площадки, не допрыгнув до нее, или промахивается в результате неправильной оценки исходной позы. В большей степени страдает процесс принятия стартовой позы. Можно привести другой пример из нашей обыденной жизни. Вспомним, как трудно нам шагать, если мы отсидели ногу, какие неловкие, неуверенные движения совершаем мы онемевшей рукой. В этих случаях нарушение кожной чувствительности препятствует осуществлению привычных движений.

Однако в последнее время широкое распространение получило представление о ведущей роли фиксированных центральных команд в управлении движениями. Первые представления о том, что движения могут управляться не только по типу непрерывной коррекции, но и через *механизм центральных моторных программ*, возникли на основе работ Ч. Шеррингтона. Производя перерезки спинного мозга, он показал, что механизмы, ответственные за некоторые двигательные акты, локализованы в спинном мозге.

Позже было показано, что ходьба животного — перемещение в окружающей среде при помощи координированных движений конечностей — также запрограммирована на уровне спинного мозга.

Программы цепных двигательных актов широко представлены в различных структурах мозга. Центральная нервная система хранит центральные программы как врожденных, так и выработанных действий. Так, например, дыхательные, глотательные и другие движения управляются врожденными моторными программами, тогда как различные спортивные, профессиональные навыки (акробатические упражнения, печатание на машинке и др.) осуществляются по программам, формирующимся в течение жизни индивида. При определенном опыте человека эти движения выполняются почти автоматически. Поэтому в данном случае обратная афферентация, в том числе от проприоцепции, перестает играть существенную роль. Обратная афферентация становится нужной лишь при изменении навыка.

Механизм программного управления используется для осуществления не только врожденных двигательных актов и двигательных навыков, но и произвольных и быстрых баллистических движений, например некоторых движений в спорте, требующих большой скорости. Такие движения производятся быстро и завершаются раньше, чем к соответствующим мозговым центрам успеет поступить информация от двигательных аппаратов. Поэтому использовать обратные сенсорные связи для их управления нецелесообразно.

У позвоночных центральные программы запускаются *управляющими центрами*, а у беспозвоночных, как правило, *командными нейронами*, впервые выделенными в 1968 г. К. Вирсма с сотрудниками. Сигнал от командного нейрона или управляющего центра играет чисто пусковую роль. Он не несет информации о том, как построить соответствующее движение. Структура движения заложена во взаимосвязях мотонейронов, с которыми он связан.

Смысл сигнала, поступающего от командного нейрона, может быть модифицирован через дополнительный афферентный вход. У таракана найден командный нейрон, который запускает бег насекомого, если его лапы касаются опоры. Если же лапы находятся в воздухе, то раздражение того же командного нейрона вызывает не бег, а полет, т.е. командный нейрон посылает достаточно абстрактную команду

«включая локомоцию», конкретный смысл которой придает обстановка.

12.3. Функциональная организация произвольных движений

Целенаправленные движения не существуют сами по себе. Они составляют часть функциональной системы, нацеленной на достижение полезного для организма результата.

Учение о функциональных системах разработал П.К. Анохин. *Функциональная система* — это динамическая совокупность различных органов и систем, формирующаяся для достижения приспособительного (полезного) для организма результата. Функциональная система включает обычно органы различных анатомических систем. Например, чтобы выполнить физическую работу, необходимо активизировать деятельность центральной нервной системы, мышечной, сердечно-сосудистой системы, органов дыхания. При этом увеличивается выработка энергии, повышается температура тела, происходят другие изменения в организме.

Любая функциональная система состоит из нескольких блоков (рис. 12).

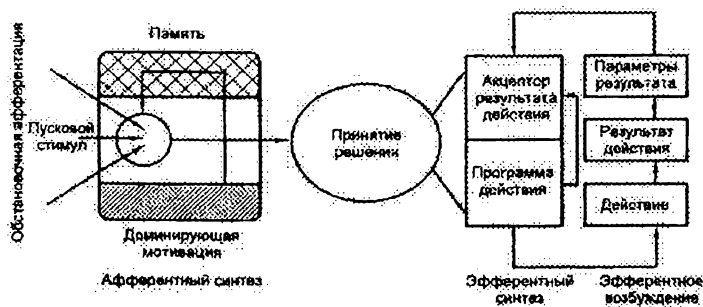


Рис. 12. Схема центральной архитектоники поведенческого акта (по П.К.Анохину)

Блок афферентного синтеза осуществляет обработку и сопоставление всей информации, которая используется организмом для принятия решения и формирования наиболее адекватного для данных

условий приспособительного поведения. Он включает в себя доминирующую мотивацию, обстановочную афферентацию, пусковую афферентацию и аппарат памяти.

Доминирующая мотивация подавляет остальные мотивации и направляет поведение организма на достижение полезного результата, который удовлетворяет имеющуюся потребность.

Мотивационное возбуждение извлекает необходимую информацию из *памяти*, которая определяет целенаправленную деятельность организма на основании приобретенного ранее опыта. При этом в первую очередь в возбуждение вовлекаются те нейроны, которые ранее использовались в подобных поведенческих реакциях. Мотивационное возбуждение активирует сенсорные системы. При голоде возрастает возбудимость вкусовых рецепторов и соответствующих центров, улучшается различение зрительных раздражителей. При половом возбуждении повышается возбудимость рецепторов эrogenных зон. Возникновение мотиваций часто сопровождается появлением отрицательных эмоций, а устранение (удовлетворение) мотиваций — положительных эмоций.

Обстановочная афферентация вызывает возбуждение, обусловленное действием на организм окружающей обстановки: в ЦНС создается разветвленная система возбуждений, своего рода «нервная модель обстановки».

Пусковая афферентация — это специальное возбуждение, обусловленное действием пусковых раздражителей. Пусковым сигналом может быть условный раздражитель, например звонок в школе на перемену, выстрел из пистолета на старте и т.п.

Как указывал П.К. Анохин, на стадии афферентного синтеза решается вопрос «что делать», т.е. какую линию поведения избрать.

Принятие решения — это следствие афферентного синтеза, его перевод в программу действия. Благодаря принятию решения организм освобождается от потенциальных степеней свободы и выполняет только одну конкретную форму поведения, соответствующую потребности и окружающей обстановке, ведущую к достижению результата. Лобные доли обеспечивают быстрое отбрасывание ненужных степеней свободы. По сути, именно эта стадия является веду-

щей в постановке цели действия. Именно она формирует аппарат предвидения результата, удовлетворяющего доминирующую потребность, — акцептор результата действия.

Акцептор результата действия — нервная модель будущего результата, который должен быть получен в соответствии с принятым решением. Это аппарат прогнозирования (предвидения) полезного результата и его оценки. Например, принято решение взять мел со стола. В акцепторе результата действия возникает возбуждение тех нейронов, которые ранее стимулировались при взятии мела. Они отражают его свойства: цвет, форму, структуру поверхности, т.е. параметры результата.

Параллельно с формированием акцептора результата действия идет формирование *программы действия* (эфферентный синтез), обеспечивающей посылку импульсов к исполнительным органам для совершения определенного действия, приводящего к получению полезного результата. Стадия формирования программы действия сопровождается интеграцией соматических и вегетативных возбуждений в целостный поведенческий акт.

Выполнение программы действия приводит к *результату*. Поскольку функциональная система формируется для достижения приспособительного результата, его считают *системообразующим фактором*. Результат обладает определенными характеристиками, параметрами, которые на основе обратных связей сопоставляются с акцептором результата. Если афферентная модель реального результата совпадает с нервной моделью запрограммированного результата, то происходит удовлетворение ведущей потребности, что сопровождается положительной эмоцией. Удовлетворение потребности ведет к прекращению мотивационного возбуждения. Таким образом, акцептор результата действия является своеобразным контролером степени достижения полезного результата.

В случае несовпадения параметров реального результата с акцептором результата действия формируется новая, более совершенная функциональная система. Это происходит до тех пор, пока полученный результат не будет соответствовать запрограммированному.

12.4. Иерархия систем регуляции движений

Управление движениями немыслимо без согласования активности большого количества мышц. Характер этого согласования зависит от двигательной задачи. Так, если нужно взять стакан воды, то ЦНС должна располагать информацией о положении стакана относительно тела и об исходном положении руки. Чтобы движение было успешным, кисть заранее должна раскрыться на величину, соответствующую размеру стакана, а сгибатели пальцев сжимали стакан с силой, достаточной для предотвращения проскальзывания. Необходимо также, чтобы приложенная сила была достаточной для плавного подъема, но не вызывала резкого отрыва, чтобы ориентация стакана в кисти после захвата все время была вертикальной. Но чтобы реализация движения соответствовала двигательной задаче, нужны не только данные о пространственных соотношениях, но и сведения о свойствах объекта манипулирования. Многие из этих сведений не могут быть получены в ходе самого движения посредством обратных связей, а должны быть предусмотрены на этапе планирования. Следовательно, для осуществления движения должна быть сформирована *двигательная программа*.

До недавнего времени мало что было известно о процессах формирования и построения новых моторных программ. Предполагается, что двигательная память содержит обобщенные классы двигательных программ, из числа которых в соответствии с двигательной задачей выбирается нужная. Программа модифицируется применительно к ситуации: однотипные движения могут выполняться быстрее или медленнее, с большей или меньшей амплитудой.

Естественно, что, признав существование в мозге центральных моторных программ, исследователи заинтересовались нервными структурами, в которых они могли бы храниться. Двигательные программы хранятся в различных структурах мозга, наиболее важными из которых являются спинной мозг, ствол мозга, базальные ганглии, мозжечок, двигательная кора, префронтальная и премоторная кора.

Подобно сенсорным системам моторные тоже организованы иерархически. По мере усложнения нервной системы в процессе эволюции совершенствовалась и двигательная система, пройдя огромный

путь от элементарных двигательных актов до тончайших движений человеческой кисти. При этом простейшие движения не исчезали, а лишь «вылетались» в рисунок сложных двигательных программ. Логично предположить, что и центры, управляющие простейшими актами, тоже не исчезли, а находятся во взаимоотношениях с вышележащими центрами.

Идея иерархической организации систем управления движениями имеет долгую и интересную историю. Она была высказана в конце XIX в. великим английским невропатологом Джоном Хьюлингом Джексоном (1835—1901).

Исследуя двигательные нарушения, возникающие при эпилептических припадках, Дж.Х. Джексон пришел к убеждению, что имеется несколько последовательных уровней регуляции движений. Отсюда он сделал вывод, что в процессе эволюции происходил переход от автоматических движений к произвольным и что это нашло отражение в организации нервной системы: за автоматические движения ответственны нижележащие центры, а за произвольные — вышележащие. Дж.Х. Джексон полагал, что вышележащие уровни в нормальных условиях управляют деятельностью нижележащих, причем эти управляющие влияния могут быть как возбуждающими, так и тормозными. В случае нарушения или выключения функций вышележащих центров нижние центры освобождаются от контроля сверху. В результате (если в норме нисходящие влияния были тормозными) развивается гиперактивность нижележащих центров. Дж.Х. Джексон высказал предположение, что нижний уровень управления движениями соответствует спинному мозгу и стволу головного мозга, средний уровень — отделам коры, прилегающим к центральной (роландовой) борозде, а высший — лобным долям.

Однако строгая иерархия в организации систем управления движениями не всегда соблюдается. Наряду с последовательными иерархическими уровнями (проекционные зоны — сегментарные двигательные программы — мотонейроны) существуют и обходные пути — прямые связи от проекционных зон к мотонейронам. Иными словами, система управления движениями включает не только последовательные, но и параллельные пути. Сходная картина была недавно обнаружена и в сенсорной системе. Создается впечатление, что как в

чувствительных, так и в двигательных системах наличие параллельных и последовательных путей обеспечивает большую пластичность и более широкие возможности обработки информации.

Кроме того, на каждом уровне двигательной системы существуют обратные связи. Некоторые из них осуществляются по сенсорным каналам. Эта информация заставляет животное, например, настораживаться или сообщает ему о том, к чему привел двигательный акт. Сенсорные пути, в свою очередь, подвержены влиянию двигательных путей. Двигательные пути не только посылают команды к мотонейронам, но и направляют копии этих команд к вышележащим центрам. Последние, таким образом, получают информацию о деятельности низших центров. Схематично эта организация показана на рис. 13.



Рис. 13. Иерархическая организация систем управления движениями (по С. Phillips, R. Porter)

Как видно из рисунка, сегментарные моторные программы являются низшим уровнем в иерархии. Этот уровень представлен спин-

ным мозгом. Средний уровень регуляции включает в себя сенсомоторную область коры и стволые структуры мозга. Высший уровень у млекопитающих образован распределенными системами, важнейшими структурами которых являются ассоциативные зоны коры, базальные ганглии и мозжечок.

Остановимся на характеристике каждого из этих уровней.

Спинной мозг. Здесь замыкаются простейшие рефлекторные движения, которые выполняются быстро, стереотипно и в принципе не нуждаются в сознательном контроле. К таким рефлексам относятся сухожильные (или рефлексы растяжения), обеспечивающие противодействие силе гравитации; рефлексы мышц-антагонистов, лежащие в основе ритмических движений (в том числе и ходьбы); защитные рефлексы, возникающие, например, при действии болевого стимула. Наконец, на уровне спинного мозга замыкаются позно-тонические рефлексы, являющиеся основой всякого движения. Реализация этих рефлексов осуществляется на основе проприоцептивной, кожной и интероцептивной информации.

Стволовые центры. Двигательные программы стволовых центров сложнее, они используют несколько видов сенсорной информации (в том числе проприоцептивную, вестибулярную, зрительную, слуховую).

Ретикулярная формация. Волокна ретикулярной формации направляются к спинному мозгу, где образуют синапсы на мотонейронах мышц-сгибателей и разгибателей, обеспечивая перераспределение их тонуса. По-видимому, за счет ретикулоспинальных путей возникает реакция вздрагивания. В ряде работ было показано, что ретикулоспинальные пути представляют собой главную стволовую систему быстрого управления сегментарным аппаратом спинного мозга при стоянии и ходьбе.

Вестибулярные ядра. Они связаны с мозжечком, одновременно получая информацию от вестибулярного аппарата. Наиболее крупным в вестибулярном комплексе является ядро Дейтерса (латеральное ядро). От него идут волокна к спинному мозгу в составе вестибулоспинального тракта, обеспечивающему перераспределение тонуса мышц. Вестибулярный комплекс является основным в реализации статических и статокINETических рефлексов. Вместе с шейными рефлексами (рефлексы Магнуса) они направлены на поддержание равновесия. При этом сенсорные со-

общения от вестибулярных рецепторов подкрепляются сигналами от проприоцепторов шейных мышц. Предварительное перераспределение мышечного тонуса повышает успешность дальнейших действий. Так, например, гимнасту, выполняющему стойку на кистях рук, проще сохранить равновесие, отклонив голову назад, поскольку при таком положении головы повышается тонус разгибателей, в том числе мышц спины. А вот акробатический прыжок в группировке, напротив, облегчается наклоном головы вперед, что приводит к повышению тонуса сгибателей.

Красное ядро. Это наиболее крупное ядро среднего мозга. Оно дает начало руброспинальному тракту (тракт Монакова), волокна которого заканчиваются на мотонейронах спинного мозга. При раздражении красного ядра в мотонейронах сгибателей возникают возбуждающие постсинаптические потенциалы, а в мотонейронах разгибателей — тормозные. Поскольку красное ядро оказывает облегчающее влияние на сгибание конечностей, его эффект противоположен эффекту вестибулярных ядер, облегчающих разгибание.

Крыша мозга. На уровне крыши мозга у человека возникают сложные зрительно-ориентировочные и сторожевые рефлексы. Они появляются в ответ на неожиданные зрительные и слуховые сигналы (у многих животных подобным сигналом может быть и незнакомый запах). К такому раздражителю немедленно поворачивается голова и глаза, и одновременно с этим поворотом мышечный тонус перераспределяется так, чтобы получилась поза, из которой легко начать движение.

Мозжечок. Главным центром сенсомоторного управления на уровне ствола мозга служит мозжечок. У мозжечка нет прямых связей со спинным мозгом, и поэтому в общей иерархии систем управления движениями он стоит выше структур среднего уровня. Однако деятельность мозжечка настолько тесно связана со стволом мозга, что логично рассмотреть ее здесь.

Мозжечок «обучается» различным программам движения, а затем сохраняет их. В нем хранятся программы сложных и автоматически выполняемых двигательных актов, которые сформировались при жизни животного и человека.

Обычно двигательные функции мозжечка подразделяют на следующие три группы: регуляция мышечного тонуса, поддержание равновесия, сенсомоторная координация.

Благодаря связям с латеральным вестибулярным ядром мозжечок играет важную роль в поддержании равновесия, а благодаря связям с красным ядром и ретикулярной формацией — в управлении рефлексами и мышечным тонусом (так как от всех этих стволовых структур идут пути к спинному мозгу). Что касается цепи «полушарие мозжечка — зубчатое ядро — вентролатеральное ядро таламуса», то она выполняет более тонкие функции в механизмах сенсомоторной координации, которые опосредованы корой больших полушарий. В данном случае информация в мозжечок поступает из сенсомоторных областей коры. Это информация о планируемом движении. Эфференты из новой коры мозжечка направляются к его зубчатому ядру, затем через таламус к двигательной коре больших полушарий, которая, собственно, и реализует эту программу. Таким образом, мозжечок участвует в планировании движения.

Располагая обширной информацией о состоянии опорно-двигательного аппарата, о положении тела в пространстве, о замысле движения и посылая команды к двигательным центрам, мозжечок постоянно сравнивает совершенное движение с запланированным. Благодаря такому непрерывному сравнению обеспечивается более «гладкое» выполнение намеченного движения. При несоответствии движения намеченному плану мозжечок вносит коррективы как в двигательную программу (благодаря связям с моторной корой), так и в исполнение движения, действуя на двигательные центры ствола. Так, например, когда мы пытаемся дотронуться пальцем до кончика носа, общим движением руки по направлению к носу руководят базальные ганглии, но именно мозжечок управляет заключительным прикосновением.

Мозжечок также играет важную роль при выполнении быстрых последовательных и одновременных движений, таких, например, как уверенные движения рук музыканта. Справляется он и с более примитивными задачами вроде одновременного похлопывания по голове и почесывания груди.

Однако следует иметь в виду, что функции мозжечка не сводятся только к созданию и хранению моторных программ. Они более обширны. Считают, что мозжечок: 1) выбирает тип моторной программы; 2) корректирует движение; 3) является центром координации различных двигательных актов, органом равновесия и регуляции мышечного тонуса.

Моторная кора. Это центральная структура, управляющая самыми тонкими и точными движениями. В моторной коре строится конкретный вариант управления движениями. Используются оба принципа управления: и от сенсорных структур, и через механизм центральных программ.

Как известно, моторная кора расположена впереди от центральной борозды и включает в себя первичную (4-е поле по Бродману) и вторичную (6-е поле) области.

Первичная кора обеспечивает простые мышечные сокращения. Прежде считали, что корковая моторная область организована по аналогии с соседней сенсорной областью, т.е. в соответствии с проекцией, отражающей поверхность тела. Эта точка зрения казалась вполне правдоподобной: при стимуляции небольших участков моторной коры в определенных частях тела регистрировались незначительные мышечные сокращения. Поверхность тела и здесь отображается в искаженном виде: губы, кисти и пальцы занимают гораздо большую площадь, чем ноги и туловище.

Сравнительно недавние работы с регистрацией активности отдельных клеток двигательной зоны с помощью микроэлектродов подсказывают иное объяснение пространственного расположения точек, возбуждающих определенные мышцы. Нейроны в двигательной коре, так же как и в сенсорной зоне, по-видимому, организованы в вертикальные колонки. Как показывают микроэлектродные записи, клетки двигательной коры, связанные по вертикали и образующие функциональную моторную колонку, действительно контролируют группу связанных между собой мышц. Как сейчас полагают, важнейшая функция корковой двигательной колонки состоит в том, чтобы обеспечивать определенное положение сустава, а не просто активировать те или другие мышцы. В зависимости от исходной позиции сустава

данная колонка должна воздействовать либо на мышцы-сгибатели, либо на разгибатели, чтобы придать суставу желаемый угол.

Вторичная моторная кора занимает главенствующее положение над первичной. Она создает конкретный план предстоящих действий и непосредственно готовит моторные системы к движению. Выходная активность нейронов вторичной моторной коры направлена к первичной моторной коре и к подкорковым структурам. Кроме того, некоторые аксоны ее нейронов входят в состав волокон кортикоспинального тракта, спускающегося в спинной мозг. При стимуляции вторичной коры возникают целые комплексы движений. Анализ нарушений двигательных функций у больных показал, что поражение мозга в премоторной области сопровождается нарушением организации движения во времени, т.е. распадом последовательности движений. У таких больных страдает и выработка двигательных навыков.

Базальные ганглии. Как и мозжечок, базальные ганглии не получают сенсорную информацию от рецепторов и не имеют выхода на мотонейроны. Подкорковые ядра получают афферентацию от сенсомоторных и ассоциативных областей коры, таламуса и черной субстанции. Причем все афференты приходятся на полосатое тело.

Полагают, что базальные ганглии имеют отношение к хранению программ как врожденных двигательных актов, так и двигательных автоматизмов.

С дисфункцией базальных ганглиев связывают возникновение различных двигательных нарушений: дискинезии, тремора, ригидности и др., которые имеют разные механизмы.

Ассоциативные зоны мозга. Ассоциативные структуры мозга играют исключительно важную роль в организации движений. Они являются высшим уровнем регуляции двигательной активности. В первую очередь это относится к префронтальным зонам коры.

Префронтальная область выполняет интегрирующую функцию. Она получает афференты от теменной ассоциативной коры, которая, образно говоря, является картой, схемой окружающего пространства и места в нем субъекта. Эту карту префронтальная кора включает в рабочую память. Сюда же поступает информация из лимбической системы и аппарата памяти. Таким образом, в лобную кору

стекаются сведения о состоянии внешней среды, внутренней среды организма, его потребностях, эмоциональном напряжении, жизненном опыте. На основании этого строится программа поведенческого акта, ставится цель и прогнозируется вероятность ее удовлетворения. Лобная кора способна корректировать программу на любом этапе ее исполнения. Исследователи предполагают, что при этом, по-видимому, происходит выбор отдельных фрагментов из имеющихся готовых программ, как врожденных, так и приобретенных. Эти фрагменты встраиваются в новую моторную программу.

Поражение префронтальной коры приводит к тяжелым психологическим и неврологическим расстройствам, в частности к распаду произвольной регуляции движений. Этот дефект особенно выражен, когда требуется менять программы движений и действий.

Как известно, в процессе фило- и онтогенеза устанавливаются тесные связи между ассоциативными ядрами таламуса и ассоциативными зонами коры. В результате формируются ассоциативные системы мозга — таламопариетальная и таламофронтальная.

Специфичность участия *таламопариетальной ассоциативной системы* в организации движений определяется двумя моментами. С одной стороны, она обеспечивает узнавание (гнозис) элементов окружающей среды (предметов, процессов, явлений, речи) и участвует в формировании интегральной схемы тела, все части которого соотнесены не только друг с другом, но и с вестибулярными и зрительными сигналами. С другой стороны, она участвует в регуляции внимания к текущим сигналам окружающей среды с учетом ориентации всего тела относительно этих сигналов и формирует целенаправленное действие — праксис. Таламопариетальная (как и нижневисочная) ассоциативная система активируется текущими сенсорными сигналами.

Основная роль *таламофронтальной ассоциативной системы* — формирование функциональной системы, обеспечивающей выполнение поведенческой реакции, и выработка стратегии поведения.

12.5. Механизмы инициации движения

Как указывалось выше, моторную кору рассматривают как центральную структуру, управляющую самыми тонкими и точными произвольными движениями, посылающую свои сигналы к мотонейронам спинного мозга. Именно в моторной коре строится конечный и конкретный вариант моторного управления движением. Моторная кора использует оба принципа управления: контроль через петли обратной сенсорной связи и через механизм программирования.

Каким образом в моторной коре совмещаются оба принципа управления? Это достигается благодаря тому, что к ней поступают сигналы от сенсомоторной, зрительной и других отделов коры. Эта афферентация используется для коррекции движения. Кроме того, к моторной коре приходит информация из структур, имеющих отношение к хранению двигательных программ, — мозжечка и базальных ганглиев.

Изучение процессов, определяющих выполнение моторных программ, привело к формированию представления о *двух системах инициации движения*. Одна из них — лимбическая система мозга, или «эмоциональный мозг». С помощью этой системы осуществляется «трансляция мотивации в действие», т.е. в действия, которые связаны с утолением голода, устранением страха и удовлетворением других биологических потребностей. Трансляция достигается за счет передачи сигналов от лимбических структур к базальным ганглиям через прилегающее ядро (*n. accumbens*). Его возбуждение сигналами из лимбической системы ведет к актуализации врожденных поведенческих программ.

С появлением ассоциативной коры у высших животных возрастает роль когнитивных процессов. Появляется вторая система инициации движения — «когнитивный мозг». Он обеспечивает запуск различных специфических движений в соответствии с инструкцией, установкой на ответ, прошлым опытом и обучением. Приход сигнала от ассоциативной коры в неостриатум актуализирует хранящиеся здесь двигательные программы, главным образом автоматизмы и выученные движения. Эти программы через таламус также достигают моторной

коры. Таков путь, через который «когнитивные команды» инициируют программы движений, сохраняемые в ЦНС.

Таким образом, прилегающее и хвостатое ядра фильтруют сигналы соответственно от лимбической системы («эмоционального мозга») и от церебральной коры («когнитивного мозга»). Хотя в процессе филогенетического развития роль «когнитивного мозга» в инициации двигательных ответов возрастает, «эмоциональный мозг» и «когнитивный мозг» обычно действуют совместно.

По Г. Могенсону, все процессы управления движением можно представить тремя блоками: *блоком инициации движения*, включающим лимбическую систему с прилегающим ядром и ассоциативную кору; *блоком программирования движения*, включающим мозжечок, базальные ганглии, моторную кору, таламус как посредника между ними, а также спинальные и стволовые генераторы; *исполнительным блоком*, охватывающим мотонейроны и двигательные единицы (рис. 14). Следует иметь в виду, что управление движением включает наряду с прямыми связями обширную проприоцептивную и экстероцептивную информацию по обратным связям. На рисунке эти связи опущены.

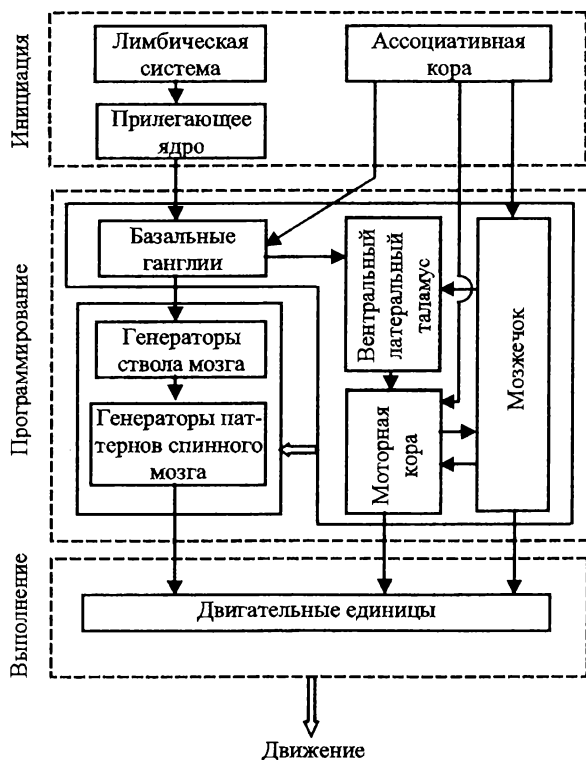


Рис. 14. Схема инициации двигательного акта (по Г. Могенсону)

Как видно из представленной схемы, «эмоциональный мозг» (лимбическая система) действует через прилегающее ядро и далее через другие структуры базальных ганглиев. «Когнитивный мозг» (ассоциативная кора) оказывает влияние на хвостатое ядро базальных ганглиев и параллельно на мозжечок. Моторная кора получает сигналы от мозжечка и базальных ганглиев через таламус.

Подобная схема объясняет инициацию не только непроизвольных движений, врожденных форм двигательного поведения и автоматизмов, но и произвольных движений. Рефлексы и произвольные движения не противоречат друг другу. Произвольные движения также подчиняются

рефлекторному принципу. Ведущая роль в процессе управления произвольным движением принадлежит префронтальной коре. За счет актуализации следов памяти она корректирует внутреннюю модель внешнего мира в соответствии с оперативно поступающей сенсорной информацией, в том числе от выполняемого движения. С функцией префронтальной коры связывают способность мысленно проектировать будущую траекторию движущейся цели.

Произвольные движения человека — это сознательно регулируемые движения, тесно связанные с речью. Произвольные движения, вызываемые инструкцией или внутренним побуждением человека, опосредованы внутренней речью, претворяющей замысел (цель) во внутренний план действий.

Таким образом, инициация, управление и контроль движения — достаточно сложный процесс. Он включает обработку информации, получаемой через прямые и обратные связи между префронтальной корой, лимбическими структурами, моторной корой, таламусом, мозжечком, базальными ганглиями, а также стволом и спинным мозгом. Важная роль здесь принадлежит проприоцептивной и экстероцептивной афферентации. Двигательная система организована по иерархическому принципу с постепенным усложнением сенсомоторной интеграции. На каждом ее уровне имеется своя «ведущая афферентация» и собственный тип регулируемых движений.

12.6. Развитие двигательных функций в фило- и онтогенезе

По мере филогенетического развития степень и форма участия разных отделов мозга в управлении двигательными функциями существенно менялись. У человека двигательные функции достигли наивысшей сложности в связи с переходом к прямохождению (что осложнило задачу поддержания равновесия).

Результаты исследований разных классов движений позволили Н.А. Бернштейну (1990) сформулировать общие представления о многоуровневой иерархической системе координации движений. В соответствии с ними система управления движениями состоит из следующих уровней: *A* — уровень палеокинетических регуляций, он же руброспинальный уровень центральной нервной системы; *B* — уро-

вень синергий, он же таламопаллидарный уровень; *C* — уровень пространственного поля, он же пирамидно-стриарный уровень; *D* — уровень действий (предметных действий, смысловых цепей и т.п.), он же теменно-премоторный уровень. Остановимся кратко на их характеристике.

Уровень А. Это довольно древний уровень, который управляет главным образом мускулатурой туловища и шеи. Управляемые им движения — плавные, представляющие собой как бы смесь равновесия и движения. Уровень *A* обеспечивает тонус всей мускулатуры. Он может довольно тонко управлять возбудимостью спинальных структур, обеспечивая, в частности, реципрокную иннервацию мышц-антагонистов. Действия этого уровня полностью произвольны.

Уровень В. Движения этого уровня отличаются обширностью вовлекаемых в синергию мышц и характеризуются наклонностью к стереотипам, периодичности. Ведущая афферентация — проприоцепторика скоростей и положений, к которой присоединяется комплекс экстероцепторики — дифференцированная чувствительность прикосновения, укола, трения (болевая и температурная с присущими этим рецепциям точными «местными знаками»). В обобщенном виде это афферентация собственного тела.

Уровень С. Ведущая афферентация этого уровня — синтетическое пространственное поле. Пространственное поле — восприятие внешнего окружающего пространства и владение им. Это поле обширно, оно простирается вокруг нас на большие расстояния. Пространственное поле однородно (гомогенно) и, что очень существенно, несмещаемо. Наряду с этими свойствами Н.А. Бернштейн подчеркивал такое важнейшее свойство пространственного поля, как его метричность и геометричность, проявляющиеся в соблюдении геометрической формы и геометрического подобия. Пространство уровня *C* заполнено объектами (с их формой, размерами и массой) и силами, исходящими от этих объектов и действующими между ними.

Уровень D. Он связан с развитием теменной и фронтальной коры. Обеспечивает сложные, тонкие движения, длительное их выполнение.

Важнейшим качеством многоуровневой системы управления движениями является не столько соподчинение иерархически устроенных уровней, сколько сложное разделение труда.

Другая особенность функционирования этой системы состоит в разделении упомянутых уровней на ведущий и фоновые (в зависимости от текущей двигательной задачи и условий ее реализации).

Н.А. Бернштейн внес весомый вклад и в развитие представлений о формировании двигательных функций в онтогенезе. В своих работах он описывает становление этих функций в раннем онтогенезе. Вот его основные вехи.

К моменту рождения кортикальные моторные системы и стриатум еще не обложены миелином. Вполне готовы к действию только таламус, бледный шар (*globus pallidus*) и то, что находится каудальнее них. Грудной ребенок продолжает оставаться таламопаллидарным существом в течение первого полугодия своей жизни. В этот период ему присущи массовые недифференцированные движения автоматического и защитного характера паллидарного происхождения.

В 5 – 6 месяцев покрываются миелином и вступают в работу красное ядро и подходящие к нему пути, стриатум и его эфферентные пути к бледному шару. Стриатум и красное ядро дают возможность принять позу: сидеть, садиться, ложиться, а не только стоять и вставать. Стриатум обуславливает появление смеха и плача.

Вторая половина второго и третий год жизни характеризуются завершением анатомического созревания всех высших моторных систем ребенка, что создает предпосылки для координации движений.

Примерно с четырехлетнего возраста до 7 — 10 лет общее развитие моторики ребенка направлено к постепенному овладению координационными возможностями, созданными анатомическим созреванием структур, управляющих движениями.

К началу второго десятилетия несколько уменьшается богатство движений, но налаживаются мелкие точные движения. Это происходит в результате развития корковых компонентов. Но дети в этом возрасте, как отмечает Н.А. Бернштейн, не способны к длительной установке на продуктивную работу вследствие еще недостаточного развития фронтальных механизмов.

Решающая роль в процессе планирования движения принадлежит лобной коре. Но для полноценного процесса проектирования необходима совместная ее работа с теменной корой. Как известно, в целом формирование мозга заканчивается к 12–13 годам. По-видимому, этот период можно считать завершающим и в развитии двигательных функций.

Заключение

Психофизиология является одной из самых молодых и динамично развивающихся отраслей знания. Поток публикаций по психофизиологии поистине огромен; ее проблемам посвящаются научные форумы разного уровня: круглые столы, симпозиумы, конференции, съезды. Это яркое проявление глубокого интереса ученых к глобальной проблеме соотношения мозга и психики, проблеме старой, восходящей к истокам науки, и вечно молодой, поскольку тайны психики волнуют сегодня человека так же, как и тысячи лет назад.

Обладая современными методами исследования, психофизиология дала ответ на многие вопросы относительно физиологических механизмов отдельных психических явлений и состояний (ощущений, восприятия, потребностей и т.д.). В то же время нужно признать, что в отношении высших психических функций (мышления, сознания) результаты не столь впечатляющие, что объясняется в первую очередь методологическими трудностями, сложностью определения самого предмета познания.

Ученые показали, что психические процессы сопровождаются физиологическими изменениями, протекающими на разных уровнях организации — от молекулярного, субклеточного до системного, организменного. Однако, несмотря на определенные успехи в этом направлении, остается открытым главный вопрос: как совокупность физиологических процессов порождает мысль и как мысль претворяется в действие, т.е. в физиологические процессы? Очевидно, что решение этого вопроса выходит за рамки отдельно взятой науки. Только совместные усилия специалистов разных отраслей знания: психологии, физиологии, кибернетики, математики, философии и др. — позволят хотя бы в первом приближении понять закономерности работы мозга, лежащие в основе психики.

Список рекомендуемой литературы

Основная

Батуев А.С. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем. СПб.: Питер, 2005.

Блум Ф., Лейзерсон А., Хьюстон Д.П. Мозг, разум, поведение. М.: Мир, 1988.

Брагина Н.Н., Доброхотова Т.П. Функциональная асимметрия человека. М.: Медицина, 1988.

Данилова Н. Н. Психофизиология. М.: Аспект-Пресс, 2000.

Марютина Т.М., Ермолаев О.Ю. Введение в психофизиологию. М.: Флинта, 2001.

Милнер П. Физиологическая психология. М.: Мир, 1973.

Николаева Е.И. Психофизиология. Психологическая физиология с основами физиологической психологии. М.: ПЕР СЭ: Логос, 2003.

Основы психофизиологии /Под ред. Ю.И. Александрова. СПб.: Питер, 2001.

Основы сенсорной физиологии /Под ред. Р. Шмидта. М.: Мир, 1984.

Симонов П.В. Лекции о работе головного мозга. М.: ИП РАН, 1998.

Симонов П.В. Мотивированный мозг. М.: Наука, 1987.

Симонов П.В. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1992.

Смирнов В.М., Будылина С.М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность. М.: Академия, 2004.

Хессет Д. Введение в психофизиологию. М.: Мир, 1981.

Шеперд Г. Нейробиология: В 2 т. Т.2. М.: Мир, 1987.

Дополнительная

Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968.

Бернаштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966.

Бернаштейн Н.А. Физиология движений и активность. М.: Наука, 1990.

Бетелева Т.Г., Дубровинская Н.В., Фарбер Д.А. Сенсорные механизмы развивающегося мозга. М.: Наука, 1977.

Биологический энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1989.

Большой толковый психологический словарь: В 2 т. /Сост. А. Ребер. М.: Вече: АСТ, 2000.

Бондаренко В.М., Семенов Л.А. Оценка размера в иллюзии Эббингауза у взрослых и детей различного возраста // Физиология человека. 2004. Т. 30, № 1.

Вейн А.М. Бодрствование и сон. М.: Наука, 1970.

Вейн А.М., Хехт К. Сон человека. Физиология и патология. М.: Медицина, 1989.

Вербицкий Е.В. Психофизиология тревожности. Ростов н/Д: Изд-во ООО «ЦВВР», 2002.

Виттельс Ф. Фрейд, его личность, учение и школа. М.: Прометей, 1991.

Восприятие речи: вопросы функциональной асимметрии мозга /В.П. Морозов, И.А. Вартамян, Е.С. Дмитриева и др. Л.: Наука, 1988.

Гершуни Г.В. Реакции на неосознаваемые раздражения при нарушениях деятельности органов чувств //Современные тенденции в нейрофизиологии. Л.: Наука, 1977.

Глезер В.Д. Зрение и мышление. СПб.: Наука, 1993.

Гримак Л.П. Тайны гипноза. Современный взгляд. СПб.: Питер, 2004.

Дарвин Ч. О выражении эмоций у человека и животных. СПб.: Питер, 2001.

Дельгадо Х. Мозг и сознание. М.: Мир, 1971.

Доброхотова Т.А., Брагина Н.Н. Асимметричный мозг – асимметричное сознание //Журн. высш. нерв. деятельности. 1993. Т.43, № 2.

Дормашев Ю.Б. Психология внимания. М.: Флинта, 2002.

Дубровинская Н.В., Мачинская Р.И., Кулаковский Ю.В. Динамический характер и возрастная обусловленность функциональной организации мозга при внимании //Журн. высш. нерв. деятельности. 1997. Т. 47, № 5.

Егоров А. Ю. Функциональная специализация полушарий мозга чело-

века. СПб.: Ин-т спец. педагогики и психологии, 2000.

Иваницкий А.М. Физиология мозга о происхождении субъективного мира человека //Журн. высш. нерв. деятельности. 1999. Т.49, № 5.

Иванова М.П. Корковые механизмы произвольных движений у человека. М.: Наука, 1991.

Изард К.Е. Эмоции человека. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980.

Измайлов Ч.А. Психофизиологические основы эмоций. М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та, 2004.

Ильин Е.П. Мотивация и мотивы. СПб.: Питер, 2004.

Иоффе М.Е. Механизмы двигательного обучения. М.: Наука, 1991.

Костандов Э.А. Психофизиология сознания и бессознательного. СПб.: Питер, 2004.

Костандов Э.А. Функциональная асимметрия полушарий головного мозга и неосознаваемое восприятие. М.: Наука, 1983.

Критерии и нормативы нормального соматического и психического развития от периода новорожденности до окончания периода созревания / *Х.Д. Рёзлер, Х. Эггерс, И. Кюльц и др.* //Проблемы постнатального соматопсихического развития. М.: Медицина, 1974.

Куликов Г.А. Сенсорное обеспечение организации поведенческих актов //Физиология сенсорных систем / Под ред. Я.А. Альтмана. СПб.: Паритет, 2003.

Лебедев А.Н. Память человека, ее механизмы и границы //Исследование памяти. М.: Наука, 1990.

Лебедев А.Н. Уравнение восприятия //Проблемы психофизики и дифференциальной психофизиологии. Каунас: Изд-во Каунас. ун-та, 1981.

Лупандин В.И., Сурнина О.Е. Основы сенсорной физиологии. Екатеринбург: Изд-во Урал. гуманит. ин-та, 2004.

Лупандин В.И., Сурнина О.Е. Субъективные шкалы пространства и времени. Свердловск: Изд-во Урал. гос. ун-та, 1991.

Милнер П. Физиологическая психология. М.: Мир, 1973.

Наатанен Р. Внимание и функции мозга. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998.

Нобелевские премии по физиологии или медицине за 100 лет /*А.Д. Ноздрачев, А.Т. Марьянович, Е.Л. Поляков и др.* СПб.: Гуманистика, 2003.

Психология ощущений и восприятия /Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В.В. Любимова, М.Б. Михалевской. М.: ЧеРо, 1999.

Рамендик Д.М. Особенности свойств памяти у людей с различными типами адаптации к патологии психики //Психол. журн. 2002. Т. 23, № 3.

Реброва Н.П., Чернышева М.П. Функциональная межполушарная асимметрия мозга человека и психические процессы. СПб.: Речь, 2004.

Речеподобные элементы звуков у детей первых месяцев жизни /Г.А. Куликов, Н.Г. Андреева, Е.Е. Ляксо и др. //Сенсорные системы. 1999. Т. 13, № 1.

Ротенберг В.С. Сновидения //Психологические состояния /Под ред. Л.В. Куликовой. СПб.: Питер, 2000.

Ротенберг В.С. Сновидения, гипноз и деятельность мозга. М.: ООО «Центр гуманист. лит.», 2001.

Роуз С. Устройство памяти: от молекулы к сознанию. М.: Мир, 1995.

Свидерская Н.Е. В поисках нейрофизиологических критериев измененных состояний сознания //Журн. высш. нерв. деятельности. 2000. Т. 52, № 5.

Симонов П.В. Созидующий мозг. Нейробиологические основы творчества. М.: Наука, 1993.

Симонов П.В. Сознание и мозг //Журн. высш. нерв. деятельности. 1993. Т. 43, № 2.

Симонов П.В. Теория отражения и психофизиология эмоций. М.: Наука, 1970.

Системные механизмы мотивации /Под ред. К.В. Судакова. М.: Медицина, 1979.

Соколов Е.Н. Нейронные механизмы памяти и обучения. М.: Наука, 1981.

Соколов Е.Н. Перцептивный, мнемический и семантический уровни субъективного отражения //Журн. высш. нерв. деятельности. 1993. Т. 43, № 2.

Соколов Е.Н. Проблема гештальта в нейробиологии //Журн. высш. нерв. деятельности. 1996. Т. 46, № 2.

Соколов Е.Н., Незлина Н.И. Долговременная память, нейрогенез и сигналы новизны //Журн. высш. нерв. деятельности. 2003. Т. 53, № 4.

Сомьен Д. Кодирование сенсорной информации. М.: Мир, 1975.

Суворов Н.Ф., Таиров О.П. Психофизиологические механизмы избирательного внимания. Л.: Наука, 1981.

Судаков К.В. Биологические мотивации. М.: Медицина, 1971.

Судаков К.В. Системные механизмы эмоционального стресса. М.: Медицина, 1981.

Умрихин Е. А. Соотношение интуиции и сознания в интеллектуальной деятельности: системная модель //Психол. журн. 2004. Т. 25, № 3.

Фарбер Д.А., Дубровинская Н.В. Мозговая организация когнитивных процессов в дошкольном возрасте //Физиология человека. 1997. Т. 23, № 2.

Фарбер Д.А., Корниенко И.А., Сонькин В.Д. Физиология школьника. М.: Педагогика, 1990.

Физиология подростка /Под ред. Д.А.Фарбер. М.: Педагогика, 1988.

Физиология речи. Восприятие речи человеком /Л.А.Чистович, А.В. Венцов, М.П. Гранстрем и др. Л.: Наука, 1976.

Фишман М.Н. Системная организация перцептивной деятельности у детей с разным уровнем умственного развития //Физиология человека. 2003. Т. 29, № 6.

Фрейд З. Введение в психоанализ. М.: Наука, 1989.

Фрейд З. Психология бессознательного. М.: Просвещение, 1989.

Фрейд З. Сон и сновидения. М.: Олимп: АСТ-ЛПД, 1997.

Функциональная межполушарная асимметрия: Хрестоматия. М.: Науч. мир, 2004.

Характеристика гласноподобных звуков детей первого полугодия жизни /Г.А. Куликов, Н.Г. Андреева, М.И. Павликова и др. // Докл. АН. 1999. Т. 368, № 6.

Хомская Е. Д., Ватова Н. Я. Мозг и эмоции: нейропсихологические исследования. М.: Рос. пед. агентство, 1998.

Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. М.: Мир, 1990.

Шевченко Ю.Г. Развитие коры мозга человека в свете онтофилогенетических соотношений. М.: Медицина, 1972.

Шехтер М.С. Зрительное опознание: закономерности и механизмы. М.: Педагогика, 1981.

Шиффман Х.Р. Ощущение и восприятие. СПб.: Питер, 2003.

Шостак В.И., Косенков Н.И. Психофизиология восприятия: как человек воспринимает мир и свое тело. СПб.: РОСК, 2001.

Эвартс Э. Механизмы головного мозга, управляющие движением. М.: Мир, 1982.

Эдельман Дж., Маунткастл В. Разумный мозг. М.: Мир, 1981.

Эрнандеэ-Пеон Р. Нейрофизиологические аспекты внимания // Нейрофизиологические механизмы внимания. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979.

Оглавление

Введение	3
Часть 1. ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ПСИХОФИЗИОЛОГИИ.....	5
Глава 1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ПСИХОФИЗИОЛОГИИ	5
1.1. Определение психофизиологии	5
1.2. История развития психофизиологии.....	7
1.3. Современные представления о соотношении психического и физиологического	11
1.4. Психофизиологическая проблема	12
Глава 2. МЕТОДЫ ПСИХОФИЗИОЛОГИИ.....	13
2.1. Методы исследования работы мозга.....	13
2.1.1. Электроэнцефалография	13
2.1.2. Метод вызванных потенциалов	16
2.1.3. Магнитоэнцефалография.....	18
2.1.4. Локальный мозговой кровоток и скорость локального мозгового метаболизма	20
2.1.5. Томографические методы	23
2.1.6. Микроэлектродный метод.....	26
2.1.7. Термоэнцефалоскопия.....	27
2.2. Дополнительные методы	27
2.2.1. Электрическая активность кожи.....	27
2.2.2. Показатели работы сердечно-сосудистой системы	28
2.2.3. Показатели активности дыхательной системы (пневмография).....	31
2.2.4. Показатели активности мышечной системы	31
2.2.5. Реакции глаз	32
2.2.6. Детектор лжи.....	34
2.2.7. Интерпретация показателей	35
Часть 2. ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ ПСИХИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ И ПРОЦЕССОВ.....	37
Глава 3. ОЩУЩЕНИЕ И ВОСПРИЯТИЕ	37
3.1. Ощущение	37
3.1.1. Принципы организации сенсорных систем.....	39
3.1.2. Прием, кодирование и передача информации	43
3.2. Восприятие	49
3.2.1. Теории восприятия	51

3.2.2. Электроэнцефалографические исследования восприятия.....	54
3.2.3. Искажение восприятия	58
Глава 4. ВНИМАНИЕ	59
4.1. Характеристики и виды внимания	59
4.2. Теории внимания	61
4.2.1. Психологические теории	61
4.2.2. Физиологические теории.....	64
4.3. Непроизвольное внимание и ориентировочный рефлекс.....	68
4.4. Роль различных структур мозга в обеспечении внимания	71
4.5. Физиологические корреляты внимания.....	74
Глава 5. ПАМЯТЬ	78
5.1. Виды и формы памяти	78
5.2. Временная организация памяти	80
5.3. Концепция активной памяти	81
5.4. Механизмы кратковременной памяти	84
5.5. Механизмы долговременной памяти	87
5.6. Роль отдельных структур в формировании памяти	96
Глава 6. ПОТРЕБНОСТИ И МОТИВАЦИИ	102
6.1. Классификация потребностей	103
6.2. Мотивации.....	107
6.2.1. Виды и свойства мотиваций.....	108
6.2.2. Физиологические теории мотиваций.....	111
6.2.3. Нейрофизиология и нейрохимия мотиваций	115
Глава 7. ЭМОЦИИ	118
7.1. Определение и классификация эмоций	118
7.2. Теории эмоций	120
7.3. Функции эмоций	124
7.4. Физиологические проявления эмоций.....	127
7.5. Нейроанатомия и нейрохимия эмоций	131
7.6. Функциональная асимметрия эмоций.....	136
7.7. Эмоциональный стресс	138
Глава 8. МЫШЛЕНИЕ	143
8.1. Определение мышления. Основные этапы его развития.....	143
8.2. Теоретические и эмпирические подходы к изучению мышления	145
8.3. Электрофизиологические корреляты мышления	148
8.4. Психофизиологический подход к интеллекту.....	153
8.5. Межполушарное взаимодействие и мышление.....	155

8.6. Особенности мышления у мужчин и женщин.....	161
Глава 9. РЕЧЬ	163
9.1. Речь и ее функции	163
9.2. Характеристика речевых сигналов	166
9.3. Речевые центры мозга.....	167
9.4. Речевые функции полушарий.....	171
9.5. Контроль над речью.....	172
9.6. Развитие речи в онтогенезе	175
Глава 10. СОЗНАНИЕ И БЕССОЗНАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ	178
10.1. Феномен сознания и подходы к его определению	178
10.2. Теории сознания.....	180
10.3. Структурно-функциональные основы сознания	182
10.4. Сознание и межполушарная асимметрия мозга	186
10.5. Измененные состояния сознания	187
10.6. Психофизиология бессознательного.....	193
10.7. Сознание как эмерджентное свойство мозга	195
Глава 11. СОН И СНОВИДЕНИЯ	196
11.1. Теории сна	197
11.2. Структура сна.....	202
11.3. Регуляция цикла «сон—бодрствование»	206
11.4. Сон в онто- и филогенезе.....	208
11.5. Сновидения.....	209
11.6. Значение сна	212
11.7. Нарушение сна и бодрствования.....	215
Глава 12. ДВИЖЕНИЕ	217
12.1. Классификация движений. Двигательные системы и их функции	217
12.2. Принципы регуляции движений	219
12.3. Функциональная организация произвольных движений.....	222
12.4. Иерархия систем регуляции движений.....	225
12.5. Механизмы инициации движения.....	234
12.6. Развитие двигательных функций в фило- и онтогенезе.....	237
Заключение	241
Список рекомендуемой литературы.....	242

Сурнина Ольга Ефимовна

ОСНОВЫ ПСИХОФИЗИОЛОГИИ

Учебное пособие

Редактор Е.А. Ушакова

Подписано в печать 22.05.06 г. Формат 60х84/16.

Бумага для множ. аппаратов. Печать плоская. Усл. печ. л. 13,7.

Уч.- изд. л. 14,3. Тираж 100 экз. Заказ №47.

Издательство Российского государственного профессионально-педагогического университета. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

Отпечатано в типографии ООО «ИРА УТК»

620219, Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42. Тел. (343) 350-97-24