

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Биологический факультет

Кафедра микробиологии

Е. А. БЕССОЛИЦЫНА

**ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

**Конспект лекций**

**Модуль 3**

**Физиология высшей нервной деятельности**

Учебно-методическое пособие

Киров

2011

УДК

К

Допущено к изданию методическим советом биологического факультета ФГБОУ ВПО «ВятГУ» в качестве учебно-методического пособия для студентов направления 020400.62 «Биология» всех профилей подготовки, всех форм обучения

Рецензент

доцент кафедры биотехнологии ФГБОУ ВПО «ВятГУ»,

кандидат биологических наук

О. Н. Шуплецова

**Бессолицына Е. А.**

К

Физиология человека и животных конспект лекций модуль 3 «Физиология высшей нервной деятельности»: учебно-методическое пособие / Е. А. Бессолицына – Киров: ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2011. – 67 с.

УДК

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления 020400.62 «Биология» всех профилей подготовки, всех форм обучения для изучения дисциплины «Физиология человека и животных».

Тех. редактор Е. В. Кайгородцева

© ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2011

## **Физиология высшей нервной деятельности**

Высшая нервная деятельность - это совокупность безусловных и условных рефлексов, а также высших психических функций, которые обеспечивают адекватное поведение в изменяющихся природных и социальных условиях. Впервые предположение о рефлекторном характере деятельности высших отделов мозга было высказано И.М.Сеченовым, что позволило распространить рефлекторный принцип и на психическую деятельность человека. Идеи И.М.Сеченова получили экспериментальное подтверждение в трудах И.П.Павлова, который разработал метод объективной оценки функций высших отделов мозга - метод условных рефлексов.

Рефлекс (от лат reflexus – отраженный) - стереотипная реакция организма на определенное воздействие, проходящая с участием нервной системы. Рефлексы существуют у многоклеточных живых организмов, обладающих нервной системой.

И.П.Павлов показал, что все рефлекторные реакции можно разделить на две группы: безусловные и условные.

### **Безусловные рефлексы**

Безусловные рефлексы обладают следующими особенностями:

1. Врожденные, наследственно передающиеся реакции, большинство из них начинают функционировать сразу же после рождения.
2. Являются видовыми, т.е. свойственны всем представителям данного вида.
3. Постоянны и сохраняются в течение всей жизни.
4. Осуществляются за счет низших отделов ЦНС (подкорковые ядра, ствол мозга, спинной мозг).
5. Возникают в ответ на адекватные раздражения, действующие на определенное рецептивное поле.

По уровню сложности безусловные рефлексы можно разделить

следующим образом.

**Элементарные безусловные рефлексы**, представлены простыми рефлекторными реакциями, осуществляемыми на уровне отдельных сегментов спинного мозга.

**Координационные безусловные рефлексы** представляют собой согласованные акты локомоторной деятельности или комплексные реакции вегетативных функциональных объединений внутренних органов.

**Интегративные безусловные рефлексы** представляют собой дальнейший шаг в интеграции отдельных безусловных рефлексов, осуществляющих сложные двигательные локомоторные акты организма в тесной связи с вегетативным обеспечением, формируя тем самым комплексные поведенческие акты, имеющие определенное биологическое значение.

**Сложнейшие безусловные рефлексы (инстинкты)** представляют собой видовые стереотипы поведения, организующиеся на базе интегративных рефлексов по генетически заданной программе.

По значимости безусловные рефлексы имеют несколько классификаций.

Классификация российского физиолога А.Д. Слонима

А. Рефлексы на сохранение:

- пищевые рефлексы внутренней среды организма;
- гомеостатическое обеспечение внутренней среды организма.

Б. Рефлексы на изменение внешней среды организма:

- оборонительные;
- средовые (ситуационные).

В. Рефлексы, связанные с сохранением вида:

- половые;
- родительские.

Классификация английского этолога Дж. Темброка

А) Поведение, определяемое обменом веществ и состоящее из пищедобывания, приема пищи, мочеотделения, покоя, сна и пр.

В) Комфортное поведение.

С) Оборонительное поведение.

Д) Поведение, связанное с размножением (охрана территории, спаривание, забота о потомстве).

Е) Социальное (групповое) поведение.

Ф) Постройка гнезд, нор, убежищ.

Классификация польского физиолога Ю. Конорского

А) Сохранительные рефлексы: рефлексы поступления веществ в организм (вдох, глотание и пр.); рефлексы выведения веществ из организма (выдох, мочеиспускание и пр.); восстановительные рефлексы (сон); рефлексы сохранения вида (копуляция, беременность, забота о потомстве).

В) Защитные рефлексы: рефлексы отдергивания или отступления; рефлексы устранения раздражителя с поверхности тела; рефлексы уничтожения или нейтрализации вредных агентов (наступательные рефлексы).

### **Условные рефлексы**

**Условный рефлекс** - это сложная многокомпонентная реакция, которая вырабатывается на базе безусловных рефлексов с использованием предшествующего индифферентного раздражителя. Он имеет сигнальный характер, и организм встречает воздействие безусловного раздражителя подготовленным. Например, в предстартовый период происходит перераспределение крови, усиление дыхания и кровообращения, и когда мышечная нагрузка начинается, организм уже к ней подготовлен.

Условные рефлексы обладают следующими свойствами:

1. Реакции, приобретенные в процессе индивидуальной жизни.
2. Индивидуальные.
3. Непостоянны - могут возникать и исчезать.
4. Являются преимущественно функцией коры больших полушарий.
5. Возникают на любые раздражители, действующие на разные рецептивные поля.

### **Правила выработки условных рефлексов**

Для выработки условного рефлекса необходимо:

1. наличие двух раздражителей, один из которых безусловный (пища, болевой раздражитель и др.), вызывающий безусловно-рефлекторную реакцию, а другой - условный (сигнальный), сигнализирующий о предстоящем безусловном раздражении (свет, звук, вид пищи и т.д.);

2. многократное сочетание условного и безусловного раздражителей (хотя возможно образование условного рефлекса при их однократном сочетании);

3. условный раздражитель должен предшествовать действию безусловного;

4. в качестве условного раздражителя может быть использован любой раздражитель внешней или внутренней среды, который должен быть по возможности индифферентным, не вызывать оборонительной реакции, не обладать чрезмерной силой и способен привлекать внимание;

5. безусловный раздражитель должен быть достаточно сильным, в противном случае временная связь не сформируется;

6. возбуждение от безусловного раздражителя должно быть более сильным, чем от условного;

7. необходимо устранить посторонние раздражители, так как они могут вызывать торможение условного рефлекса;

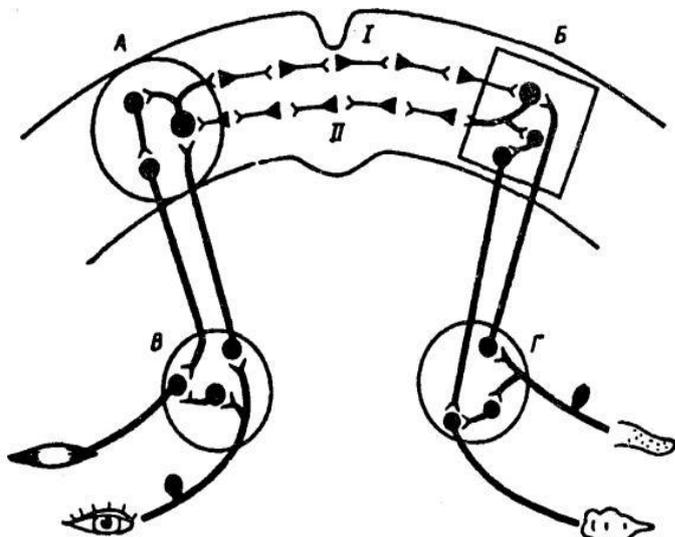
8. животное, у которого вырабатывается условный рефлекс, должно быть здоровым;

9. при выработке условного рефлекса должна быть выражена мотивация, например, при выработке пищевого слюноотделительного рефлекса животное должно быть голодным, у сытого - этот рефлекс не вырабатывается.

Условные рефлексы легче вырабатывать на экологически близкие данному животному воздействия. В связи с этим условные рефлексы делятся на натуральные и искусственные. Натуральные условные рефлексы вырабатываются на агенты, которые в естественных условиях действуют вместе с раздражителем, вызывающим безусловный рефлекс (например, вид пищи, ее запах и т.д.). Все остальные условные рефлексы искусственные, т.е.

вырабатываются на агенты, в норме не связанные с действием безусловного раздражителя, например, пищевой слюноотделительный рефлекс на звонок.

Физиологической основой для возникновения условных рефлексов служит образование функциональных временных связей в высших отделах



**Рисунок 1: Схематическое изображение условного рефлекса с двусторонней связью. А — кортикальный пункт мигательного рефлекса, Б — пищевого рефлекса, В и Г — подкорковые центры мигательного и пищевого рефлексов; I — прямая временная связь, II — обратная**

Схематическое изображение условного рефлекса с двусторонней связью. А — кортикальный пункт мигательного рефлекса, Б — пищевого рефлекса, В и Г — подкорковые центры мигательного и пищевого рефлексов; I — прямая временная связь, II — обратная

Следовательно, первый путь образования временной связи между корковыми представительствами условного и безусловного рефлексов является внутрикортикальным. Однако при разрушении коркового представительства условного рефлекса выработанный условный рефлекс сохраняется. По-видимому, образование временной связи идет между подкорковым центром условного рефлекса и корковым центре-безусловного рефлекса. При

ЦНС. **Временная связь** - это

совокупность

нейрофизиологических,

биохимических и

ультраструктурных изменений в

мозге, возникающих в процессе

совместного действия условного

и безусловного раздражителей.

И.П.Павлов высказал

предположение, что при

выработке условного рефлекса

происходит формирование

временной нервной связи между

двумя группами клеток коры -

корковыми представительствами

условного и безусловного

рефлексов. Возбуждение от

центра условного рефлекса

может передаваться к центру

разрушении коркового представительства безусловного рефлекса условный рефлекс также сохраняется. Следовательно, выработка временной связи может идти между корковым центром условного рефлекса и подкорковым центром безусловного рефлекса.

Разобщение корковых центров условного и безусловного рефлексов путем пересечения коры мозга не препятствует образованию условного рефлекса. Это свидетельствует о том, что временная связь может образоваться между корковым центром условного рефлекса, подкорковым центром безусловного рефлекса и корковым центром безусловного рефлекса.

Имеются различные мнения по вопросу о механизмах образования временной связи. Возможно, образование временной связи происходит по принципу доминанты. Очаг возбуждения с безусловного раздражителя всегда сильнее, чем от условного, так как безусловный раздражитель всегда биологически более значим для животного. Этот очаг возбуждения является доминантным, следовательно притягивает к себе возбуждение от очага условного раздражения. Если возбуждение прошло по каким-либо нервным цепям, то в следующий раз оно по этим путям пройдет значительно легче (явление "проторения пути"). В основе этого лежат: суммация возбуждений, длительное повышение возбудимости синаптических образований, увеличение количества медиатора в синапсах, увеличение образования новых синапсов. Все это создает структурные предпосылки к облегчению движения возбуждения по определенным нейронным цепям.

Термин и понятие доминанты как основного принципа координации рефлекторной деятельности мозга были впервые даны в 1923 г. А.А. Ухтомским

Доминанта в физиологии — это «временно господствующий рефлекс», которым направляется работа нервных центров в данный момент.

Доминанта представляет собой функциональное объединение нервных центров, состоящее из относительно подвижного коркового компонента и субкортикальных, вегетативных и гуморальных компонентов. Доминанта по

всем данным «есть комплекс определенных симптомов во всем организме», проявляющийся и в мышечной, и в секреторной, и в сосудистой деятельности.

Центры, входящие в состав доминирующей функциональной констелляции, характеризуются:

- повышенной возбудимостью;
- стойкостью, инертностью возбуждения;
- способностью к суммированию возбуждения
- сопряженно тормозящим действием на другие центры, не входящие в состав данной констелляции.

Механизмы условнорефлекторной деятельности, формирования новой условной связи часто протекают как единый процесс, включающий различные ступени развития.

Таковыми ступенями являются

- простой суммационный рефлекс,
- сложный суммационный рефлекс — доминанта
- условный рефлекс

Также с понятием доминанты связано понятие мотивации. Следует сказать, что пока нет согласия между разными авторами в отношении содержания самого термина «мотивация». Мотивация — это состояние, которое развивается в структурах ЦНС во время поведения. «Мотивация — это физиологический механизм активирования хранящихся в памяти следов (энграмм) тех внешних объектов, которые способны удовлетворить имеющуюся у организма потребность, и тех действий, которые способны привести к ее удовлетворению». Или мотивация это овеществленная потребность. То есть в крови упал уровень глюкозы, соответствующий импульс поступает в центр голода. Отсутствие глюкозы, как следствие необходимость пополнить ее количество. В головном мозге возникают очаги возбуждения направленные на реализацию удовлетворения этой потребности, то есть на поиск пищи в данном случае — это доминанта. Включаются или готовые(врожденные) механизмы — безусловные рефлексy, или

приобретенные (условные рефлексы), но так или иначе кот целеустремленно лезет в миску и вашу, откуда пахнет, или в холодильнике, он знает — оттуда достают еду.

Другим представлением о механизме формирования временной связи является конвергентная теория. В ее основе лежит способность нейронов отвечать на раздражения разных модальностей. По представлениям П.К.Анохина, условный и безусловный раздражители вызывают распространенную активацию корковых нейронов благодаря включению ретикулярной формации. В результате восходящие сигналы (условного и безусловного раздражителей) перекрываются, т.е. происходит встреча этих возбуждений на одних и тех же корковых нейронах. В результате конвергенции возбуждений возникают и стабилизируются временные связи между корковыми представителями условного и безусловного раздражителей.

### **Условные рефлексы второго, третьего и более высоких порядков**

Если выработать прочный условный пищевой рефлекс, например, на свет, то такой рефлекс является условным рефлексом первого порядка. На его базе можно выработать условный рефлекс второго порядка, для этого дополнительно применяют новый, предшествующий сигнал, например звук, подкрепляя его условным раздражителем первого порядка (светом).

В результате нескольких сочетаний звука и света звуковой раздражитель также начинает вызывать слюноотделение. Таким образом возникает новая более сложная опосредованная временная связь. Следует подчеркнуть, что подкреплением для условного рефлекса второго порядка является именно условный раздражитель первого порядка, а не безусловный раздражитель (пища), так как если и свет и звук подкреплять пищей, то возникнут два отдельных условных рефлекса первого порядка. При достаточно прочном условном рефлексе второго порядка можно выработать условный рефлекс третьего порядка.

Для этого используется новый раздражитель, например, прикосновение к коже. В этом случае прикосновение подкрепляется только условным

раздражителем второго порядка (звуком), звук возбуждает зрительный центр, а последний - пищевой центр. Возникает еще более сложная временная связь. Рефлексы более высокого порядка (4, 5, 6 и т.д.) вырабатываются только у приматов и человека.

### **Динамический стереотип**

Отдельные условные рефлексы в определенной ситуации могут связываться между собой в комплексы. Если осуществлять ряд условных рефлексов в строго определенном порядке с примерно одинаковыми временными интервалами и весь этот комплекс сочетаний многократно повторять, то в мозге сформируется единая система, имеющая специфическую последовательность рефлекторных реакций, т.е. ранее разрозненные рефлексы связываются в единый комплекс. Нейроны головного мозга, обладая большой функциональной подвижностью, тем не менее могут стойко удерживать систему ответных реакций на повторяющиеся условные раздражения.

Возникает динамический стереотип, который выражается в том, что на систему различных условных сигналов, действующих всегда один за другим через определенное время, вырабатывается постоянная и прочная система ответных реакций. В дальнейшем, если применять только первый раздражитель, то в ответ будут развиваться все остальные реакции. Динамический стереотип - характерная особенность психической деятельности человека.

Многие наши навыки, например, способность писать, играть на музыкальных инструментах, танцевать и т.д. в сущности являются автоматическими цепями двигательных актов. В процессе жизни человека обычно вырабатываются и более сложные стереотипы поступков: поведение после пробуждения или перед сном, режим труда, отдыха, питания.

Возникают относительно устойчивые формы поведения в обществе, во взаимоотношениях с другими людьми, в оценке текущих событий и реагирования на них. Такие стереотипы имеют большое значение в жизни человека, так как позволяют выполнять многие виды деятельности с меньшим

напряжением нервной системы. Биологический смысл динамических стереотипов сводится к тому, чтобы освободить корковые центры от решения стандартных задач, для того чтобы обеспечить выполнение более сложных, требующих эвристического мышления.

Одним из основных условий работы условных рефлексов является их динамичность, они исчезают, заменяются на другие, это явление называется динамикой условно-рефлекторной деятельности, и в основе лежит процесс торможения.

### **Торможение условных рефлексов**

Для обеспечения приспособления и адекватного поведения необходимы не только способность к выработке новых условных рефлексов и их длительное сохранение, но и возможность к устранению тех условно-рефлекторных реакций, необходимость в которых отсутствует. Исчезновение условных рефлексов обеспечивается процессами торможения. По И.П.Павлову, различают следующие формы коркового торможения: безусловное, условное и запредельное торможение.

#### **Безусловное торможение**

Этот вид торможения условных рефлексов возникает сразу в ответ на действие постороннего раздражителя, т.е. является врожденной, безусловной формой торможения. Безусловное торможение может быть внешним и запредельным. Внешнее торможение возникает под влиянием нового раздражителя, создающего доминантный очаг возбуждения, формирующего ориентировочный рефлекс. Биологическое значение внешнего торможения состоит в том, что, затормаживая текущую условно-рефлекторную деятельность, оно позволяет переключить организм на определение значимости и степени опасности нового воздействия.

Посторонний раздражитель, оказывающий тормозящее влияние на течение условных рефлексов, называется внешним тормозом. При многократном повторении постороннего раздражителя вызываемый ориентировочный рефлекс постепенно уменьшается, а затем исчезает и уже не

вызывает торможения условных рефлексов. Такой внешний тормозящий раздражитель называется гаснущим тормозом. Если же посторонний раздражитель содержит биологически важную информацию, то он всякий раз вызывает торможение условных рефлексов. Такой постоянный раздражитель называется постоянным тормозом.

Биологическое значение внешнего торможения - обеспечение условий для более важного в данный момент ориентировочного рефлекса, вызванного экстренным раздражителем, и создание условий для его срочной оценки.

### **Условное торможение (внутреннее)**

Оно возникает, если условный раздражитель перестает подкрепляться безусловным. Его называют внутренним, потому что оно формируется в структурных компонентах условного рефлекса. Условное торможение требует для выработки определенного времени. К этому виду торможения относятся: угасательное, дифференцировочное, условный тормоз и запаздывающее.

**Угасательное торможение** развивается в тех случаях, когда условный раздражитель перестает подкрепляться безусловным, при этом условная реакция постепенно исчезает. При первом предъявлении условного раздражителя без последующего подкрепления условная реакция проявляется как обычно. Последующие предъявления условного раздражителя без подкрепления начинают вызывать ориентировочную реакцию, которая затем угасает. Постепенно исчезает и условно-рефлекторная реакция.

**Дифференцировочное торможение** вырабатывается на раздражители, близкие по характеристике к условному раздражителю. Этот вид торможения лежит в основе различения раздражителей. С помощью этого торможения из сходных раздражителей выделяется тот, который будет подкрепляться безусловным раздражителем, т.е. биологически важный для организма. Например, на звук метронома с частотой 120 ударов в 1 мин у собаки выделяется слюна. Если теперь этому животному в качестве раздражителя предъявить звук метронома с частотой 60 ударов, но не подкреплять его, то в первых опытах этот раздражитель тоже вызывает отделение слюны. Но через

некоторое время возникает диф-ференцировка этих двух раздражителей и на звук с частотой 60 ударов слюна выделяться перестает.

**Условный тормоз** - это разновидность дифференцировочно-го торможения. Возникает в том случае, если положительный условный раздражитель подкрепляется безусловным, а комбинация из условного и индифферентного раздражителей не подкрепляется. Например, условный раздражитель свет подкрепляется безусловным раздражителем, а комбинация свет и звонок не подкрепляется. Первоначально эта комбинация вызывает такой же условный ответ, но в дальнейшем она утрачивает свое сигнальное значение и на нее условная реакция возникать не будет, в то время как на изолированный условный раздражитель (свет) она сохраняется. Звонок же приобретает значение тормозного сигнала. Его подключение к любому другому условному раздражителю затормаживает проявление условного рефлекса.

**Запаздывающее торможение** характеризуется тем, что условная реакция на условный раздражитель возникает до действия безусловного раздражителя. При увеличении интервала между началом действия условного раздражителя и моментом подкрепления (до 2-3 мин) условная реакция все более и более запаздывает и начинает возникать непосредственно перед предъявлением подкрепления. Отставание условной реакции от начала действия условного раздражителя свидетельствует о выработке запаздывающего торможения, так как период торможения соответствует периоду запаздывания подкрепления.

**Условное торможение** дает возможность организму избавиться от большого количества лишних биологически нецелесообразных реакций. Внутреннее торможение (по П.К.Анохину) является результатом борьбы двух потоков возбуждений при их выходе на эффекторы. При угасательном торможении, например, пищевого слюноотделительного условного рефлекса - это поток возбуждений соответствующей пищевой реакции и поток возбуждений, характерный для биологически отрицательной реакции, возникающий при отсутствии подкрепления. Более сильное, доминирующее возбуждение реакции неудовлетворения тормозит менее сильное, пищевое

возбуждение.

### **Запредельное торможение**

Этот вид торможения отличается от внешнего и внутреннего по механизму возникновения и физиологическому значению. Оно возникает при чрезмерном увеличении силы или продолжительности действия условного раздражителя, вследствие того, что сила раздражителя превышает работоспособность корковых клеток. Это торможение имеет охранительное значение, так как препятствует истощению нервных клеток. По своему механизму оно напоминает явление "пессимума", которое было описано Н.Е.Введенским.

Запредельное торможение может вызываться действием не только очень сильного раздражителя, но и действием небольшого по силе, но длительного и однообразного по характеру раздражения. Это раздражение, постоянно действуя на одни и те же корковые элементы, приводит их к истощению, а следовательно, сопровождается возникновением охранительного торможения. Запредельное торможение легче развивается при снижении работоспособности, например, после тяжелого инфекционного заболевания, стресса, чаще развивается у пожилых людей.

### **Аналитическая и синтетическая деятельность коры головного мозга**

Деятельность коры головного мозга обеспечивает постоянный анализ и синтез сигналов, поступающих из окружающей и внутренней среды организма. Анализ и синтез неразрывно связаны между собой и не могут происходить изолированно. Синтетическая деятельность коры головного мозга проявляется объединением возбуждений, возникающих в различных зонах коры мозга. Важнейшим механизмом этого объединения является образование временной условно-рефлекторной связи.

У человека синтетическая деятельность коры не ограничивается лишь формированием временных связей между корковыми представительствами безусловных рефлексов и центрами органов чувств. Существенное значение имеет образование временных связей между центрами, участвующими в

восприятию комплексных и последовательных раздражений.

**Аналитическая деятельность коры** головного мозга заключается в дифференцировании по характеру и интенсивности массы раздражения, доходящих в форме сигналов до мозговой коры, что достигается с помощью внутреннего торможения, позволяющего точно дифференцировать раздражители по их биологической значимости. Анализ внешних и внутренних воздействий в организме начинается с момента их действия на рецепторы. По пути к корковым нейронам афферентные сигналы проходят ряд образований центральной нервной системы, где происходит их элементарный анализ. Высший же анализ осуществляется в коре головного мозга.

### **Свойства нервных процессов**

Под свойствами нервных процессов понимают такие характеристики возбуждения и торможения, как сила, уравновешенность и подвижность этих процессов.

**Сила нервных процессов.** При измерении силы процесса возбуждения обычно пользуются кривой зависимости величины условной реакции от силы раздражителя. Условная реакция перестает увеличиваться при определенной интенсивности условного сигнала. Эта граница и характеризует силу процесса возбуждения. Показателем силы тормозного процесса является стойкость тормозных условных рефлексов, а также скорость и прочность выработки дифференцировочного и запаздывающего вида торможения.

**Уравновешенность нервных процессов.** Для определения уравновешенности нервных процессов сравниваются силы процессов возбуждения и торможения у данного животного. Если оба процесса взаимно компенсируют друг друга, то они уравновешены, а если нет, то, например, при выработке дифференцировок может наблюдаться срыв тормозного процесса, если он оказывается слабым. Если же доминирует тормозной процесс в силу недостаточности возбуждения, то в трудных условиях дифференцировка сохраняется, но резко уменьшается величина реакции на положительный условный сигнал.

**Подвижность нервных процессов.** О ней можно судить по скорости переделки положительных условных рефлексов в тормозные и обратно. Часто для определения подвижности нервных процессов применяется переделка динамического стереотипа. Если переход от положительной реакции к тормозной и от тормозной к положительной осуществляется быстро, то это свидетельствует о высокой подвижности нервных процессов.

### **Типы высшей нервной деятельности**

В лаборатории И.П.Павлова было замечено, что поведение собак в естественной обстановке и во время выработки условных рефлексов различное. Некоторые животные очень подвижны, возбудимы и любопытны, другие медлительны и трусливы. Между этими крайними типами имеется ряд промежуточных. На основании свойств нервных процессов И.П.Павлову удалось разделить животных на определенные группы, причем эта классификация совпала с умозрительной классификацией типов людей (темпераментов), данной еще Гиппократом.

В основу классификации типов ВНД были положены свойства нервных процессов: сила, уравновешенность и подвижность. По критерию силы нервных процессов выделяют сильный и слабый типы. У слабого типа процессы возбуждения и торможения слабые, поэтому подвижность и уравновешенность нервных процессов не могут быть охарактеризованы достаточно точно.

Сильный тип нервной системы подразделяется на уравновешенный и неуравновешенный. Выделяется группа, которая характеризуется неуравновешенными процессами возбуждения и торможения с преобладанием возбуждения над торможением (безудержный тип), когда основным свойством является неуравновешенность. Для уравновешенного типа, у которого процессы возбуждения и торможения сбалансированы, приобретает значение быстрота смены процессов возбуждения и торможения. В зависимости от этого показателя различают подвижный и инертный типы ВНД. Эксперименты, проведенные в лабораториях И.П.Павлова, позволили создать следующую

классификацию типов ВНД:

- Слабый (меланхолик).
- Сильный, неуравновешенный с преобладанием процессов возбуждения (холерик).
- Сильный, уравновешенный, подвижный (сангвиник).
- Сильный, уравновешенный, инертный (флегматик).

Отмеченные выше типы высшей нервной деятельности представляют собой крайние классические типы, которые в чистом виде либо вообще не встречаются, либо встречаются крайне редко.

Существенные различия в типологии человека (в отличие даже от высших животных) обусловлены наличием у него второй сигнальной системы, его мыслительной творческой деятельностью.

На это обстоятельство обратил внимание еще И. П. Павлов, который предложил применительно к человеку различать два типа: художественный и мыслительный.

Для художественного типа характерно образное мышление; познавательные процессы и творческая деятельность преимущественно ориентированы на яркие художественные образы; в общем поведении человека преобладают стимулы первой сигнальной системы, вызывающие в мозге их яркие образы.

Напротив, у мыслительного типа процессы познания, мышление преимущественно оперируют абстрактными понятиями, определяющими в индивидуальном поведении становятся сигналы сигналов — стимулы второй сигнальной системы.

Типы ВНД, о которых говорилось выше, являются общими для животных и человека. Можно выделить особые, присущие только человеку типологические черты. По мнению И.П.Павлова, в их основе лежит степень развития первой и второй сигнальных систем. *Первая сигнальная система* - это зрительные, слуховые и другие чувственные сигналы, из которых строятся образы внешнего мира.

## **Первая и вторая сигнальные системы**

Восприятие непосредственных сигналов предметов и явлений окружающего мира и сигналов из внутренней среды организма, приходящих от зрительных, слуховых, тактильных и других рецепторов, составляет первую сигнальную систему, которая имеется у животных и человека. Отдельные элементы более сложной сигнальной системы начинают появляться у общественных видов животных (высокоорганизованных млекопитающих и птиц), которые используют звуки (сигнальные коды) для предупреждения об опасности, о том, что данная территория занята и т.д.

Но лишь у человека в процессе трудовой деятельности и социальной жизни развивается вторая сигнальная система - словесная, в которой слово в качестве условного раздражителя, знака, не имеющего реального физического содержания, но являющегося символом предметов и явлений материального мира, становится сильным стимулом. Эта система сигнализации состоит в восприятии слов - слышимых, произносимых (вслух или про себя) и видимых (при чтении и письме). Одно и то же явление, предмет на разных языках обозначается словами, имеющими разное звучание и написание, из этих словесных (вербальных) сигналов создаются абстрактные понятия.

Способность понимать, а потом и произносить слова возникает у ребенка в результате ассоциации определенных звуков (слов) со зрительными, тактильными и другими впечатлениями о внешних объектах. Субъективный образ возникает в мозге на основе нейронных механизмов при декодировании информации и сравнении ее с реально существующими материальными объектами. С возникновением и развитием второй сигнальной системы появляется возможность осуществления абстрактной формы отражения - образование понятий и представлений.

Раздражители второй сигнальной системы отражают окружающую действительность с помощью обобщающих, абстрагирующих понятий, выражаемых словами. Человек может оперировать не только образами, но и связанными с ними мыслями, осмысленными образами, содержащими

смысловую (семантическую) информацию. С помощью слова осуществляется переход от чувственного образа первой сигнальной системы к понятию, представлению второй сигнальной системы. Способность оперировать абстрактными понятиями, выражаемыми словами служив основой мыслительной деятельности.

Характерными чертами механизма условного рефлекса первой сигнальной системы являются:

1. конкретность сигнала (то или иное явление окружающей действительности),
2. безусловная основа подкрепления (пищевое, защитное или половое значение),
3. биологическая природа достигаемого приспособления (к наилучшему питанию, обороне, размножению).

Основные свойства рефлексов второй сигнальной системы:

1. Непрерывное синтезирование, расширяющее содержание словесных сигналов (возбуждение анализаторного комплекса, выражающего определенное понятие, непрерывно иррадирует).
2. Одновременность формирования и перестройки временных сигналов системы.
3. Отображение во второй сигнальной системе временных связей, образованных в первой, и наоборот.
4. Отвлеченность понятия, выраженного словом, находится в обратном отношении к прочности его связи с конкретными раздражителями действительности.
5. Более высокая утомляемость и подверженность внешним влияниям рефлексов второй сигнальной системы по сравнению с первой.

Язык - это средство выражения мысли и форма существования мысли. Язык закрепляет в предложениях результаты работ! мышления, делает возможным обмен мыслями. Речь дает возможность создавать научные понятия, формулировать законы.

Речь может участвовать в регуляции деятельности различных органов с помощью слова. Словесные раздражители являются физиологически активными факторами, они изменяют функции внутренних органов, интенсивность обменных процессов, воздействуют на мышечную и сенсорные системы. Вовремя сказанное доброе слово может повышать работоспособность, способствовать хорошему настроению. Неосторожно произнесенное в присутствии больного слово может значительно ухудшить его состояние.

Деятельность второй сигнальной системы обеспечивается функцией двигательного, слухового и зрительного анализаторов и лобных отделов мозга. Регуляция речи связана с пусковой и регуляторной ролью коры, которая получает афферентные импульсы от рецепторов мышц, сухожилий и связок голосового аппарата и дыхательных мышц. Кортикальное ядро речедвигательного анализатора находится в области второй и третьей лобных извилин - речедвигательный центр Брока. Восприятие речи происходит с помощью речедвигательного и речеслухового анализаторов (центр Вернике).

Для декодирования речи, воспринимаемой в акустической форме, важнейшим условием является удержание в речевой памяти всех ее элементов, а в оптической форме - участие сложных поисковых движений глаз. Процессы декодирования речи осуществляются височно-теменно-затылочными отделами левого полушария (у правшей). При поражении этих отделов коры происходит нарушение понимания логико-грамматических конструкций и счетных операций.

Вторая сигнальная система допускает неоднозначные отношения между явлением, предметом и его обозначением (словом), что позволило человеку действовать разумно в условиях вероятностного событийного окружения (информационной неопределенности). Это во многом способствовало развитию способностей к интуитивному мышлению. Возникла принципиально новая форма мыслительной деятельности - построение умозаключений на основе использования многозначной (вероятностной) логики. Постоянное использование языка привело к тому, что человеческий мозг, как правило,

оперирует неточными понятиями, качественными оценками легче, чем количественными категориями, числами.

Учитывая соотношения первой и второй сигнальной систем в том или ином индивидууме, И.П.Павлов выделил специфические человеческие типы ВНД в зависимости от преобладания первой или второй сигнальной системы в восприятии действительности. Людей с преобладанием функций корковых проекций, ответственных за первосигнальные раздражители, И.П.Павлов относил к художественному типу (у представителей этого типа преобладает образный тип мышления). Это люди, для которых характерна яркость зрительных и слуховых восприятии событий окружающего мира (художники и музыканты).

Если же более сильной оказывается вторая сигнальная система, то таких людей относят к мыслительному типу. У представителей этого типа преобладает логический тип мышления, способность к построению абстрактных понятий (ученые, философы). В тех случаях, когда первая и вторая сигнальные системы создают нервные процессы одинаковой силы, то такие люди относятся к среднему (смешанному типу), к которому относится большинство людей. Но есть еще один крайне редкий типологический вариант, к которому относятся очень редкие люди, имеющие особо сильное развитие и первой, и второй сигнальных систем. Эти люди способны как к художественному, так и к научному творчеству, к числу таких гениальных личностей И.П.Павлов относил Леонардо да Винчи.

### **Элементарная рассудочная деятельность**

Долгое время считалось, что все функции организма животных основаны на условных и безусловных рефлексах. Но исследования показали, что животные способны к самообучению. Эта особенность высших организмов позволяет им обеспечивать взаимодействие с окружающей средой, и, следовательно, варьировать свое поведение. Эта форма адаптивного поведения может осуществляться при первой встрече организма с необычной ситуацией, создавшейся в среде его обитания. В том, что животное сразу, без специального

обучения, может принять решение к адекватному выполнению поведенческого акта, и заключается уникальная особенность рассудочной деятельности как приспособительного механизма в многообразных, постоянно меняющихся условиях окружающей среды. Рассудочная деятельность позволяет рассматривать приспособительные функции организма не только в качестве саморегулирующихся, но и самоселекционирующихся систем. Под этим подразумевается способность организма производить адекватный выбор биологически наиболее адекватных форм поведения в новых ситуациях. По определению Л.В. Крушинского, рассудочная деятельность - это выполнение животным адаптивного поведенческого акта в экстренно сложившейся ситуации. Этот уникальный способ приспособления организма в среде возможен у животных с хорошо развитой нервной системой.

Рассудочная деятельность отличается от любых форм обучения. Эта форма адаптивного поведения может осуществляться при первой встрече организма с необычной ситуацией, создавшейся в среде его обитания. В том, что животное сразу, без специального обучения, может принять решение к адекватному выполнению поведенческого акта, и содержится уникальная особенность рассудочной деятельности как приспособительного механизма в многообразных, постоянно меняющихся условиях окружающей среды. Рассудочная деятельность позволяет рассматривать приспособительные функции организма не только в качестве саморегулирующихся, но и самоселекционирующихся систем. Под этим подразумевается способность организма производить адекватный отбор биологически наиболее адекватных форм поведения в новых ситуациях. Л.В. Крушинский ввел понятие элементарной логической задачи, т.е. задачи, которая характеризуется логической связью между составляющими ее элементами. Благодаря этому она может быть решена экстренно, при первом же предъявлении, за счет мысленного анализа ее условий. Такие задачи по своей природе не требуют предварительных проб с неизбежными ошибками. Подобно задачам, требующим использования орудий, они могут служить альтернативой и

"проблемному ящику" Торндайка, и выработке различных систем дифференцировочных условных рефлексов. Как указывал Л.В. Крушинский, для решения элементарных логических задач животным надобно владение некоторыми эмпирическими законами:

**1. Закон "неисчезаемости" предметов.** Животные способны сохранять память о предмете, ставшем недоступным непосредственному восприятию. Животные, "знающие" тот самый эмпирический закон, более или менее настойчиво ищут корм, тем или иным способом скрывшийся из их поля зрения. Так, вороны и попугаи активно ищут корм, который у них на глазах накрыли непрозрачным стаканом или отгородили от них непрозрачной преградой. В отличие от этих птиц голуби и куры законом "неисчезаемости" не оперируют или оперируют в весьма ограниченной степени. Это выражается в том, что в большинстве случаев они почти не пытаются искать корм после того, как перестают его видеть. Представление о "неисчезаемости" предметов надобно для решения всех типов задач, связанных с поиском приманки, скрывшейся из поля зрения.

**2. Закон, связанный с движением,** - одним из самых универсальных явлений окружающего мира, с которым сталкивается любое животное, независимо от образа жизни. Каждое из них без исключения с первых же дней жизни наблюдает перемещения родителей и сибсов, хищников, которые им угрожают, или, наоборот, собственных жертв. Вместе с тем животные воспринимают изменения положения деревьев, травы и окружающих предметов при собственных перемещениях. Это создает основу для формирования представления о том, что движение предмета вечно имеет определенное направление и траекторию. Знание этого закона лежит в основе решения задачи на экстраполяцию.

**3. Законы "вмещаемости" и "перемещаемости".** Животные, обладающие этими законами, на основе восприятия и анализа пространственно-геометрических признаков окружающих предметов "понимают", что одни объемные предметы могут вмещать в себя другие объемные предметы и

перемещаться сообща с ними. Как полагал Крушинский, перечисленные им законы не исчерпывают всего, что может быть доступно животным. Он допускал, что они оперируют также представлениями о временных и количественных параметрах среды, и планировал создание соответствующих тестов. Предложенные Л.В. Крушинским (1986) и описанные ниже методики сравнительного изучения рассудочной деятельности с помощью элементарных логических задач основаны на допущении, что животные улавливают эти "законы" и могут использовать их в новой ситуации.

**4. Методика исследования экстраполяции** Под экстраполяцией понимают способность животного выдерживать функцию, известную на отрезке, за ее пределы. С аналогичными ситуациями в природе неоднократно сталкивался и Л.В. Крушинский. Так, на мысль о возможности экспериментального воспроизводства ситуации его навело наблюдение за поведением его охотничьей собаки. Во час охоты в поле пойнтер обнаружил молодого тетерева и стал его преследовать. Птица быстро скрылась в густых кустах. Собака же обошла кусты и встала в "стойку" точно напротив того места, откуда выскочил двигавшийся прямолинейно тетерев, уловив направление движения птицы, собака перехватила ее там, где она меньше всего ожидала. Крушинский прокомментировал поведение собаки следующим образом: "это был случай, который полностью подходил под определение разумного акта поведения".

Наблюдения за поведением животных в естественных условиях привели Л.В. Крушинского к заключению, что способность к экстраполяции направления движения раздражителя может рассматриваться как одно из довольно элементарных проявлений рассудочной деятельности животных. Для изучения способности животных разных видов к экстраполяции направления движения пищевого раздражителя Л.В. Крушинский предложил несколько элементарных логических задач. Наибольшее распространение получил так называемый "опыт с ширмой". В этом опыте животное получает пищу через щель в середине непрозрачной ширмы из одной из двух стоящих рядом

кормушек. Вскоре после того, как оно начало есть, кормушки разъезжаются симметрично в разные стороны, и, пройдя небольшой отрезок пути на виду у животного, скрываются за непрозрачными клапанами, так что их дальнейшее перемещение животное уже не видит и может только представлять его мысленно.

Одновременное раздвижение обеих кормушек не дает возможности животному производить отбор направления движения корма, ориентируясь по звуку, но в то же час дает животному вероятность альтернативного выбора. При работе с млекопитающими у противоположного края ширмы ставится кормушка с таким же количеством корма, закрытая сеткой. Это позволяет "уравнять запахи", идущие от приманки с двух сторон ширмы, и тем самым препятствовать отысканию корма с помощью обоняния. Ширина отверстия в ширме регулируется таким образом, чтобы животное могло свободно вклинить туда голову, но не пролезало целиком. Размер ширмы и камеры, в которой она пребывает, зависит от размеров подопытных животных. Чтобы решить задачу на экстраполяцию направления движения, животное должно представить себе траектории движения обеих кормушек после исчезновения из поля зрения и на основе их сопоставления определить, с какой стороны надо обойти ширму, чтобы получить корм. Способность к решению этой задачи проявляется у многих позвоночных, но ее выраженность немаловажно варьирует у разных видов.

Основной характеристикой способности животных к рассудочной деятельности служат результаты первого предъявления задачи, потому что при их повторении подключается влияние на животных и некоторых других факторов. В связи с этим, для оценки способности к решению логической задачи у животных данного вида, надобно и довольно провести по одному опыту на большой группе. Если доля особей, правильно решивших задачу при ее первом предъявлении, достоверно превышает случайный уровень, считается, что у животных данного вида или генетической группы есть способность к экстраполяции (или к другому виду рассудочной деятельности).

Как показали исследования Л.В. Крушинского, животные многих видов (хищные млекопитающие, дельфины, врановые птицы, черепахи, крысы-пасюки) оказались способны к решению задачи на экстраполяцию движения пищевого раздражителя. В то же час животные других видов (рыбы, амфибии, куры, голуби, большинство грызунов) обходили ширму чисто случайно. В повторных опытах поведение животного зависит не только от способности, или неспособности к экстраполяции направление движения, но и от того, запомнило ли оно результаты предыдущих решений. Ввиду этого данные повторных опытов отражают взаимодействие ряда факторов, и для характеристики способности животных данной группы к экстраполяции их надо учитывать с известными оговорками.

Многократные предъявления позволяют точнее проанализировать поведение в опыте животных тех видов, которые плохо решают задачу на экстраполяцию при ее первом предъявлении (о чем можно судить по невысокой доле правильных решений, которая не отличается от случайного 50%-го уровня). Оказывается, что большинство таких особей ведет себя чисто случайным образом и при повторениях задачи. При очень большом числе предъявлений (до 150) такие животные, как, например, куры или лабораторные крысы, постепенно обучаются чаще обходить ширму с той стороны, в которую скрылся корм. Напротив, у хорошо экстраполирующих видов результаты повторных применений задачи могут быть несколько ниже, чем результаты первого, например, у лисиц и собак. Причиной такого снижения показателей теста может быть, по-видимому, влияние различных тенденций в поведении, напрямую не связанных со способностью к экстраполяции как таковой. К ним относится склонность к спонтанному чередованию побегов, предпочтение одной из сторон установки, характерное для многих животных, и т.д. В опытах Крушинского и его сотрудников у некоторых животных, например врановых птиц и некоторых хищных млекопитающих, после первых успешных решений предъявляемых им задач, начинали появляться ошибки и отказы от решений. У некоторых животных перенапряжение нервной системы при решении трудных

задач приводило к развитию своеобразных неврозов (фобий), выразившихся в развитии боязни обстановки опыта. После некоторого периода отдыха животные начинали работать нормально. Это говорит о том, что рассудочная деятельность требует большого напряжения ЦНС.

С помощью теста на экстраполяцию направления движения, который позволяет давать точную количественную оценку результатов его решения, в первый раз была дана широкая сравнительная характеристика развития зачатков мышления у позвоночных всех основных таксономических групп, изучены их морфофизиологические основы, некоторые аспекты формирования в процессе онтогенеза и филогенеза, т.е. практически весь тот круг вопросов, ответ на которые необходим для всестороннего описания поведения.

**5. Опережающее возбуждение** П.К. Анохин настойчиво искал ответ на вопрос, по каким признакам организм определяет окончание компенсации или приспособительную роль любого поведенческого акта. Как организм исправляет ошибки поведенческой деятельности? Ответ дали опыты, проводившиеся по оригинальной методике, сущность которой состояла в том, что производилась внезапная подмена безусловного подкрепления у животного с устойчиво выработанным условным рефлексом. Внезапная подмена вызывала у животного бурную ориентировочную реакцию и более того переходящий отказ от пищи. Возникшую реакцию "рассогласования" можно было объяснить только тем, что задолго до того, как животное получит подкрепление, все "качества подкрепляющего фактора со всеми характерными для него параметрами предсказаны мозгом раньше, чем появится само подкрепление". Так была открыта очень важная закономерность в работе головного мозга: способность предсказывать основные афферентные черты будущего результата действия, т.е. подкрепления. Вначале тот самый аппарат получил название "заготовленное возбуждение" (1933), далее "опережающее возбуждение", позже "акцептор действия" и, наконец, - "акцептор результата действия". В физиологическом плане представление об опережающем возбуждении И.П. Павлов описал как состояние "предупредительной деятельности", т.е. постоянное стремление

высокоспециализированных организмов к развитию ими будущих приспособительных актов. Это означает, что организм должен подготовить себя по сигналу к предстоящим, последовательно развивающимся событиям для того, чтобы их можно было результативно осуществлять. П.К. Анохин развил эту точку зрения и представил ее в форме теории "опережающего возбуждения". Ни один организм не мог бы противостоять воздействиям окружающей среды, если бы он не имел возможности реагировать по принципу опережающего возбуждения, т.е. создавать для себя такие приспособительные реакции, которые были бы ему необходимы для поддержания отношения со средой в каждый следующий момент установления такого отношения. Ученик не смог бы показать своих знаний, если бы он не обладал опережающим возбуждением, не "пробежал" бы мысленно то, о чем ему предстоит рассказать. Учитель никогда не сумел бы объяснять ученикам последовательно и доступно сущность изучаемого вопроса, если каждый раз он не пользовался бы опережающим процессом возбуждения.

Элементарная рассудочная деятельность в эволюционном аспекте. Рассудочная деятельность прошла длительную эволюцию у животных предков человека, прежде чем вручить поистине гигантскую вспышку человеческого разума. Основные результаты экспериментального исследования можно сформулировать в виде следующих положений.

Во-первых, удалось выявить связь уровня развития элементарной рассудочной деятельности с размерами конечного мозга, структурной организацией нейронов и установить ведущую роль некоторых отделов мозга в осуществлении изучаемой формы высшей нервной деятельности. Результаты исследований дают основание распространить общепринятый в физиологии принцип о приуроченности функций нервной системы к ее структуре и на рассудочную деятельность.

Во-вторых, выяснилось, что таксономические группы животных с различной цитоархитектонической организацией мозга могут иметь сходный уровень развития рассудочной деятельности. Это становится очевидным при

сравнении не только отдельных классов животных, но и при сопоставлении в пределах одного класса (например, приматы и дельфины). Одно из общебиологических положений о большей консервативности конечного результата формообразовательных процессов, чем путей, приводящих к этому, очевидно, применимо для осуществления рассудочного акта.

В-третьих, поведение строится на базе трех основных компонентов высшей нервной деятельности: инстинктах, обучаемости и рассудке. В зависимости от удельной массы каждого из них можно условно охарактеризовать ту или другую форму поведения как инстинктивную, условнорефлекторную или рассудочную. В повседневной жизни поведение позвоночных животных представляет собой интегрированный комплекс всех этих компонентов.

Одна из важнейших функций рассудочной деятельности - отбор той информации о структурной организации среды, которая необходима для построения программы наиболее адекватного акта поведения в данных условиях.

Поведение животных осуществляется под ведущим влиянием раздражителей, несущих информацию о среде обитания, непосредственно окружающей их. Система, воспринимающая такую информацию, была названа И.П. Павловым первой сигнальной системой реальности.

Процесс формирования мышления человека осуществляется не только при помощи первой сигнальной системы реальности, но главным образом под влиянием информации, которую он получает при помощи речи. Эту систему восприятия реальности Павлов назвал второй сигнальной системой. При помощи второй сигнальной системы человек имеет вероятность получать всю сумму знаний и традиций, накопленных человечеством в процессе его исторического развития. В этом отношении и границы возможностей человеческого мышления колоссально отличаются от возможностей элементарной рассудочной деятельности животных, которые в своей повседневной жизни оперируют лишь весьма ограниченными представлениями

о структурной организации среды их обитания. В отличие от животных с наиболее высокоразвитой элементарной рассудочной деятельностью и, вероятно, от своих пещерных предков, человек оказался в состоянии улавливать не только эмпирические законы, но формулировать и теоретические законы, которые легли в основу понимания окружающего мира и развития науки. Все это, конечно, ни в какой мере не доступно животным. И в этом большое качественное различие между животным и человеком.

### **Нейрофизиологические механизмы элементарной рассудочной деятельности**

Первое положение. Большой объём мозга создаёт больше возможностей для упорядоченности его функций. По сути - это общий принцип системной организации, полагающий, что в системах с большим количеством элементов создаётся больше предпосылок для качественного наращивания организации. В приложении к биологии он был в первый раз сформулирован физиком Э. Шредингером. Им было - высказано предположение, что при восприятии мозгом физической организации внешней среды процессы, происходящие в мозге и регистрирующие "внешний порядок", также должны обладать чертами упорядоченности. По этой причине - чем большее число нейронов включается в осуществление происходящего в мозге процесса отражения мира, тем больше вероятность упорядоченного течения процесса. Биологически адекватное адаптивное поведение животного, которое обусловлено наиболее полным улавливанием закономерностей, связывающим предметы и явления окружающей среды, становится тем более продвинутым и гибким, чем выше упорядоченность работы мозга. Чем сложнее структура решаемых животным задач, тем большее число дискретных единиц, нейронов, должно быть вовлечено в ее решение. Наиболее полное и точное улавливание многообразных закономерностей окружающего мира может быть осуществлено мозгом, состоящим из большего числа нейронов, а значит, и большего объема. Второе положение. Для более детального восприятия среды, которое надобно для решения логических задач, надобно чтобы отдельные нейроны объединялись в

множество функциональных констелляций. Морфологическим аппаратом объединения нейронов являются известные нам синапсы. Сравнительные морфологические исследования, выполненные различными исследователями на разных группах животных, показали, что существует полностью ясная подневольность между степенью ветвления дендритов в нейронах головного мозга, количеством синапсов (шипиков) на этих дендритах и способностью этих животных к решению экстраполяционных задач. В общем виде, очевидно, можно изрекать, чем многочисленнее синаптические контакты нейронов, тем большая вероятность, что животное обладает более развитой рассудочной деятельностью. Третье положение. В сером веществе коры мозга, в так называемых "экраных" его структурах, любые операции выполняются "дробно", локально. Это обусловлено тем, что нейронные ансамбли коры головного мозга и мозжечка структурно оформлены в особого рода вертикальные колонки, пронизывающие всю толщу коры и называемые в настоящее время функциональными "модулями" головного мозга. По некоторым подсчетам, только в неокортексе человека содержится приблизительно 600 миллионов "микроколонок" которые объединяются в более крупные рабочие комплексы, насчитывающие 1-3 миллиона нейронов. Колонки чувствительны к воздействию сигналов только определенного типа (здесь есть входное тестирующее устройство), они умножают распознанные сигналы, а далее распределяют их через систему горизонтальных нейронов лишь к полностью определенным, близким или далеким модулям-соседям. По мнению нейробиологов, модули являются функциональными единицами анализатора признаков. Еще в 1970 году физиолог Спинелли составил компьютерную программу (названную "Оккам"), моделирующую работу анализатора признаков и распознающую, реагирующую на волны определенной формы. Такие модули способны анализировать такие свойства раздражителя, как положение в пространстве, направление перемещения, степень его новизны и периодичность действия (появление и исчезновение). Конфигурации ансамблей модулей могут быть более жестко детерминированы генетически, чем

конфигурации нейронных ансамблей (а тем более синаптических). Благодаря такому явлению и стало возможным анатомо-топографическое картирование коры мозга и выделение в коре у человека (и у животных) функциональных зон, различающихся по функциям. Зоны эти в значительной степени видоспецифичны. В сущности, центры речи человека, расположенные в доминантном (обычно в левом) полушарии, являются врожденно-детерминированными упорядоченными скоплениями нейронов, образующих ансамбли модулей, без которых невозможно обучение и оперирование речевыми сигналами. Построение коры из множества локальных и, в определенном смысле, автономных функциональных модулей, вероятно и создает предпосылки для формирования "отраженной" дискретной картины реальности, то есть возможности для выделения неких свойств реальности, ее "признаков". Вместе с этим, появляются и предпосылки к произвольным действиям с дискретными "элементами" такого мира (например, к экстраполяции и сопоставлению). Поскольку принцип дискретности проекции мира распространяется и на проекцию в мозге некоторых собственных органов (моторные зоны), то возникает вероятность к произвольной деятельности животного. Дискретная картина реальности, запомненная животным, позволяет легко ее декодировать, когда будет надобно решить задачу с привлечением прошлого опыта. Четвертое положение. Связано с формированием двух новых, по-видимому, взаимосвязанных свойств мозга, которые делают его по-настоящему способным не только к анализу, но и к синтезу: 1) Появлением особого механизма "сознания", механизма, который способствует оперативному отбору тех констелляций нейронов, которые необходимы для решения "логических" задач, имеющих биологическую значимость. 2) Способности к оценке значимости решаемой задачи, осуществляемой эмоциями.

Под сознанием нейрофизиологи подразумевают функцию восприятия мозгом текущих событий окружающей реальности, на основе которой происходит синтез всего пережитого индивидуального опыта (Этим достигается

осознание окружающей действительности). Это есть то сознание, которое теряет человек и животное, например, во час наркоза и которое возвращается после его прекращения.

Таким образом, основы эволюции структур мозга, которые связаны с рассудочной деятельностью, определялись становлением трёх его морфо-функциональных комплексов: а) комплекса "ствол мозга - передний отдел головного мозга". Видимо, это самый старинный функциональный комплекс, и его характер весьма сходен у многих животных, а развитие выражено главным образом количественно; б) конечного мозга. Развитие его у позвоночных животных шло разными путями. Но, кроме упоминавшихся новоприобретений мозга за счёт этой зоны, а именно - увеличения объёма мозга и усложнения системы синаптических контактов, увеличивается площадь так называемых ассоциативных зон, или зон взаимного перекрытия специализированных областей сенсорных центров в коре. Относительное прогрессивное прирост ассоциативных зон, к которым относится лобная область, по отношению к специализированным отделам коры (обонятельной, зрительной, слуховой и других) отчётливо видно в сравнительном ряду мозга млекопитающих; в) лимбической системы. Её филогенез пребывал в тесной связи с развитием новой коры. Старая кора (архикортекс), первоначально функционально связанная с дистальной (обонятельной) рецепцией, оказалась у млекопитающих отеснённой на медиальную сторону и вошла в состав лимбической системы. У высших млекопитающих лимбическая система достигает наивысшей дифференциации. А у человека и шимпанзе задняя лимбическая система фактически неотличима от других структур новой коры и, по-видимому, входит в её состав. Некоторые исследователи находят, что такая прогрессивная структура новой коры, как префронтальная область, может быть отнесена к структурам лимбической системы.

### **Инструментальные условные рефлексy**

Параллельно с работами И.П. Павлова, в Соединенных Штатах Америки развивалось изучение сложных рефлексов, которые носят название

инструментальных условных рефлексов. Основателем этого направления был Морган. Различия инструментальных рефлексов и классических павловских довольно велики. В классических условных рефлексах условный сигнал - раздражитель - воздействует на органы чувств животных. Животное воспринимает условный сигнал как заменитель безусловного сигнала, что приводит к адекватной реакции. Классические рефлексы формируют связь между стимулом и результатом. Инструментальный условный рефлекс - условный рефлекс, в котором выполнение определенной (двигательной) реакции в ответ на условный раздражитель является необходимым условием получения подкрепления (выработка по эффекту). Выработка инструментального условного рефлекса происходит при активации центра определенного драйва, вызывающего общую активацию, направленную на прекращение этого драйва. При повышенной активности (методом проб и ошибок) пребывает адекватная реакция, которая усиливается по закону эффекта. Итак, классические и инструментальные рефлексы отличаются методикой выработки. Но внутренние процессы, лежащие в основе этих двух типов рефлексов, одинаковы.

### **Высшие психические функции**

Психика - это специфическое свойство головного мозга, заключающееся в отражении предметов и явлений существующего вне нас и независимо от нас материального мира. Ощущения и восприятия являются необходимым начальным этапом наших знаний о самом себе и о внешнем мире. Ощущение - это процесс отражения в ЦНС отдельных свойств предметов и явлений объективной реальности, непосредственно воздействующей на органы чувств. Всякое ощущение имеет качество, силу, длительность. Качественные особенности тех или иных ощущений называются их модальностью. Ощущения дают материал для более сложных форм отражения действительности в сознании (восприятия, мышления), т.е. являются источником всех знаний об окружающей нас действительности.

Восприятие - процесс приема и преобразования информации,

обеспечивающей организму ориентировку в окружающем мире. Это активный процесс выделения из массы разнородных объектов внешнего мира тех, которые более всего необходимы в данный момент. Ощущения и восприятия человека носят сознательный, осмысленный характер. Важную роль в этом играют мышление и речь. Мышление позволяет получить знания о таких объектах, свойствах и отношениях реального мира, которые не могут быть непосредственно чувственно восприняты.

Мышление - процесс опосредованного, обобщенного отражения действительности с ее связями, отношениями и закономерностями. С помощью мышления познается содержание и смысл воспринимаемого, а также внутренние особенности предметов и явлений. С помощью мышления человек может понять настоящее, будущее, прошедшее, строить гипотезы и обеспечивать их проверку. Наиболее высокая форма обобщения - понятие. В понятии отражено то, что не может быть непосредственно воспринято при помощи органов чувств, оно отражает в предмете лишь существенное

Отличительной особенностью человеческого мышления является его неразрывная связь с речью, языком.

Внимание - это сосредоточенность психической деятельности на определенном объекте. С помощью внимания обеспечивается отбор необходимой информации. Нейрофизиологические механизмы внимания связаны с проявлениями ориентировочного рефлекса, с локальными процессами активации коры головного мозга, а также с эмоциональными состояниями и биологическими потребностями организма. Избирательное внимание возможно лишь при состоянии повышенного, но не чрезмерно высокого бодрствования, которое на ЭЭГ характеризуется высокочастотными десинхронизированными колебаниями низкой амплитуды с редким появлением групп синхронизированных альфа-волн.

Диффузным формам внимания соответствуют состояния расслабленного бодрствования с четко выраженными синхронизированными альфа-ритмами. Рассеянное внимание часто возникает в состоянии сильного возбуждения, при

этом на ЭЭГ регистрируется десинхронизированная высокочастотная низкоамплитудная электрическая активность. Анатомическим субстратом регуляции различных форм внимания является ретикулярная формация ствола мозга, диффузная таламическая система, субталамус и гипоталамус. Неспецифическая таламическая система рассматривается как фильтрующий механизм, обладающий способностью переключать внимание с одних раздражителей на другие. Ассоциативные зоны коры являются центральным звеном в системе механизмов, регулирующих отбор информации, избирательные формы восприятия, внимания и сознания.

### Мотивации

Источником активности животного и человека являются потребности. Мотивации - это побуждения к деятельности, связанные с удовлетворением определенных потребностей. Их делят на три основные группы: биологические мотивации, которые свойственны человеку и животным; социальные мотивации, свойственные человеку и частично животным; духовные - свойственные только человеку и связанные с интеллектуальными потребностями. Основной причиной возникновения биологических мотиваций является отклонение основных констант внутренней среды организма, т.е. биологические мотивации формируются на основе биологических потребностей - голода, жажды, полового чувства и др.

Так, например, при снижении в крови уровня питательных веществ, возбуждаются хеморецепторы, информация от которых поступает в латеральные ядра гипоталамуса (центр голода). Эти ядра могут раздражаться и непосредственно кровью, в которой снижено содержание питательных веществ. Возбуждение от них передается в кору головного мозга - возникает чувство голода. Возбуждение постепенно захватывает все большие и большие участки коры, что обеспечивает формирование пищевого поведения.

### Эмоции

С помощью эмоций определяется личностное отношение человека к окружающему миру и к самому себе. Эмоциональные состояния реализуются в

определенных поведенческих реакциях. Эмоции возникают на этапе оценки вероятности удовлетворения или неудовлетворения возникших потребностей, а также при удовлетворении этих потребностей.

Эмоции охватывают широкий круг явлений. Так, П. Милнер считает, что хотя и принято отличать эмоции (гнев, страх, радость и т. п.) от так называемых общих ощущений (голода, жажды и т. д.), тем не менее они обнаруживают много общего и их разделение достаточно условно. Одной из причин их различия является разная степень связи субъективных переживаний с возбуждением рецепторов. Так, переживание жары, боли субъективно связывается с возбуждением определенных рецепторов (температурных, болевых). На этом основании подобные состояния обычно и обозначаются как ощущения. Состояние же страха, гнева трудно связать с возбуждением рецепторов, и поэтому они обозначаются как эмоции. Другая причина, по которой эмоции противопоставляются общим ощущениям, состоит в нерегулярном их возникновении. Эмоции часто возникают спонтанно и зависят от случайных внешних факторов, тогда как голод, жажда, половое влечение возникают с определенными интервалами.

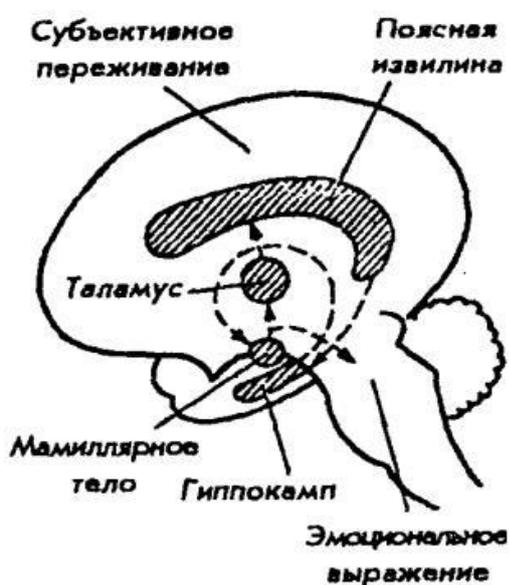
Он различает три вида эмоциональных процессов: аффекты, собственно эмоции и чувства. Аффекты — это сильные и относительно кратковременные эмоциональные переживания, сопровождающиеся резко выраженными двигательными и висцеральными проявлениями. У человека аффекты вызываются как биологически значимыми факторами, затрагивающими его физическое существование, так и социальными, например, социальными оценками, санкциями. Отличительной особенностью аффектов является то, что они возникают в ответ на уже фактически наступившую ситуацию. В отличие от аффектов собственно эмоции представляют собой более длительное состояние, иногда лишь слабо проявляющееся во внешнем поведении. Они выражают оценочное личностное отношение к складывающейся или возможной ситуации. Поэтому они способны, в отличие от аффектов, предвосхищать ситуации и события, которые реально еще не наступили. Они возникают на

основе представлений о пережитых или воображаемых ситуациях. Третий вид эмоциональных процессов — это так называемые 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. Таким образом, наименее ясным остается вопрос о взаимоотношении эмоций как более узкого класса явлений, характеризующихся яркостью субъективных переживаний, с теми переживаниями, эмоциональная насыщенность которых менее выражена. Последние характерны для очень широкого класса состояний человека. Например, это переживания усталости, скуки, голода и т. д. Существуют ли эти две группы переживаний отдельно, или же для них имеется общий, единый нейрофизиологический механизм? Ряд экспериментальных данных, полученных методами психосемантики, скорее говорят в пользу последнего предположения.

Биологическое значение эмоций состоит в выполнении ими сигнальной и регуляторной функций. Сигнальная функция эмоций заключается в том, что они сигнализируют о полезности или вредности данного воздействия, успешности или неуспешности выполняемого действия. Приспособительная роль этого механизма заключается в немедленной реакции на внезапное воздействие внешнего раздражения, поскольку эмоциональное состояние мгновенно приводит к быстрой мобилизации всех систем организма. Возникновение эмоциональных переживаний дает общую качественную характеристику воздействующему фактору, опережая его более полное, детальное восприятие.

Регуляторная функция эмоций проявляется в формировании активности, направленной на усиление или прекращение действия раздражителей. Неудовлетворенные потребности обычно сопровождаются отрицательными эмоциями. Удовлетворение потребности, как правило, сопровождается приятным эмоциональным переживанием и ведет к прекращению дальнейшей поисковой деятельности.

Эмоции делят также на низшие и высшие. Низшие связаны с органическими потребностями и подразделяются на два вида гомеостатические, направленные на поддержание гомеостаза, инстинктивные, связанные с половым инстинктом, инстинктом сохранения рода и другими поведенческими реакциями. Высшие эмоции возникают только у человека в связи с удовлетворением социальных и идеальных потребностей (интеллектуальных, моральных, эстетических и др.). Эти более сложные эмоции развивались на базе сознания и оказывают контролирующее и тормозящее влияние на низшие эмоции.



**Рисунок 2: Структурная основа эмоций**

В соответствии с теорией И.Пейпеца возникновение эмоций связано с лимбической системой. В гиппокампе возникает возбуждение, отсюда импульсы идут в мамиллярные (mamillaris) тела, затем в передние ядра гипоталамуса и в поясную извилину и распространяются на другие области коры. Эмоции возникают либо сначала в коре, откуда импульсы поступают в "круг" через гиппокамп, либо через гипоталамус и тогда кору поясной

извилины следует рассматривать как воспринимающую область для эмоциональных ощущений.

В настоящее время принято считать, что нервным субстратом эмоций является лимбико-гипоталамический комплекс. Включение гипоталамуса в эту систему обусловлено тем, что множественные связи гипоталамуса с различными структурами головного мозга создают физиологическую и анатомическую основу для возникновения эмоций. Новая кора на основе взаимодействия с другими структурами, особенно гипоталамусом, лимбической и ретикулярной системами, играет важную роль в субъективной оценке эмоциональных состояний. В регуляции эмоций особое значение имеют лобная

и височная кора. Поражение лобных долей приводит к глубоким нарушениям эмоциональной 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. Билатеральное удаление у обезьян височных полюсов ведет к подавлению их агрессивности и страха. Эффект сходен с разрушением миндалины. Передняя лимбическая кора контролирует эмоциональные интонации; выразительность речи у человека и обезьяны. После двустороннего кровоизлияния в этой зоне речь пациента становится эмоционально невыразительной.

Сущность биологической теории эмоций (П.К.Анохин) заключается в том, что положительные эмоции при удовлетворении какой-либо потребности возникают только в том случае, если параметры реально полученного результата совпадают с параметрами предполагаемого результата, запрограммированного в акцепторе результатов действия. В таком случае возникает чувство удовлетворения, положительные эмоции. Если параметры полученного результата не совпадают с запрограммированными, это сопровождается отрицательными эмоциями, что приводит к формированию новой комбинации возбуждений, необходимых для организации нового поведенческого акта, который обеспечит получение результата, параметры которого совпадают с запрограммированными в акцепторе результатов действия.

### **Сознание**

Это высшая форма отражения действительности. С помощью сознания целенаправленно регулируются формы контакта человека с окружающим миром. Сознание представляет собой субъективные переживания действительности, протекающие на фоне существующего у индивида опыта и признаваемые им как определенная субъективная реальность. Соотнесение накопленных знаний с реальной действительностью и включение их в индивидуальный опыт - есть процесс осознания действительности.

Сознание включает все формы психической деятельности человека: ощущения, восприятия, представления, мышление, внимание, чувства и волю.

### **Соотношение сознания и подсознания**

Раздражитель, воздействуя на рецепторы, приводит к появлению афферентных сигналов, которые формируют в проекционных областях коры электрические ответы, которые можно зарегистрировать и у спящего организма. Следовательно, его распространение осуществляется без участия сознания. После оценки мозгом поступившей информации ответная реакция может протекать по-разному. Если поступивший сигнал не несет какой-либо существенной информации, то подсознание тормозит ответные реакции. В таком случае сигнал вызывает лишь первичный биоэлектрический ответ и вторичную биоэлектрическую активность.

Если при первичной оценке сигнала (протекающей на уровне подсознания) обнаружено, что он по своему характеру требует стандартного ответа, то возникает автоматизированная ответная реакция. Такой ответ организма не требует подключения сознания и осуществляется на уровне подсознания. Если поступившая информация является важной и для ответной реакции требуется включения всей ЦНС, то еще на уровне подсознания в коре большого мозга формируется команда, вызывающая через ретикулярную формацию общую активацию мозга.

Возникает десинхронизация ЭЭГ. В этом случае сигнал осознается, и ответная реакция на него протекает уже с участием сознания. Если в реакцию вовлекается относительно небольшое количество нейронов коры и подкорки, то такие реакции протекают как подсознательные. Если в ответную реакцию вовлекается вся гигантская система нейронных ансамблей коры и подкорки, то она осуществляется с участием сознания. Подсознание оценивает любой, приходящий в мозг, сигнал не только во сне, но и при бодрствовании, являясь своеобразным первичным фильтром для всей поступающей в мозг информации. Вся ВНД человека постоянно протекает на двух уровнях - подсознания и сознания.

Сознание может отключаться от окружающей обстановки, оперировать абстрактными категориями, но связь организма и среды продолжает осуществляться на уровне подсознания. На уровне подсознания протекает и условно-рефлекторная регуляция внутренних органов здорового человека.

### Физиология памяти

Основу адаптивного (индивидуального) поведения составляют два процесса — обучение и память. В нейробиологической памяти выделяют генотипическую (врожденную) память, которая обуславливает становление безусловных рефлексов, инстинктов, импринтинга, и фенотипическую память, мозговые механизмы которой обеспечивают обработку и хранение информации,

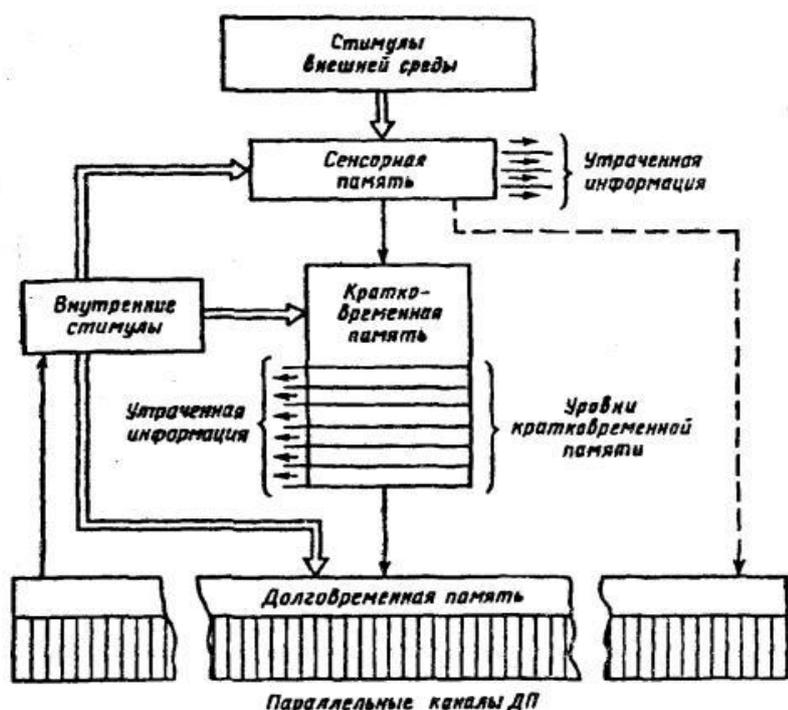


Рисунок 3: Схема уровней памяти

приобретаемой живым существом в процессе индивидуального развития. Обучение и память считают неотделимыми процессами. Обучение обеспечивает постоянное пополнение и изменение знаний, приобретение новых навыков. С физиологической точки зрения научение — это результат совпадения двух сознательных или

бессознательных процессов в головном мозге. В отличие от обучения процессы памяти ответственны не только за усвоение (фиксацию) информации, ее сохранение, но и включают механизм воспроизведения (извлечения) информации. Благодаря механизму воспроизведения обеспечивается доступ и использование хранящейся информации. О механизме извлечения информации известно лишь то, что он основан на ассоциациях, подобных тем, какие

образуются при научении.

Первоначально по длительности хранения прошедших событий память рассматривали как два последовательных этапа — кратковременная память (КП) и долговременная память (ДП) и связывающий их процесс консолидации (постепенное самоусиление следа). Кратковременная память сохраняется в мозге в течение нескольких минут, причем любой сильный внешний импульс (например, заданный вовремя поиска телефонной книги вопрос, приводит к резкому забыванию номера телефона, для записи которого искали книгу) полностью стирает запоминаемую информацию. Это связано с тем, что в кратковременная память связана с электрической активностью нейронов в определенных зонах коры головного мозга. Контролируемое возбуждение поддерживается и можно сказать циркулирует между нейронами в определенных зонах мозга. Это обеспечивает сохранение информации в коре мозга в активном состоянии. Но любой более сильный возбудитель вызывает активацию других зон мозга и это вызывает торможение уже возбужденных зон, то есть забывание.

Долговременная память обеспечивает сохранение информации от нескольких часов до всей жизни. Этот памяти связан по теории с появлением специфических контактов между нейронами (взаимосвязи образующиеся при формировании условных рефлексов) и с синтезом белков памяти, которые обеспечивают сохранение информации.

### Процессы запоминания

Психологические исследования показали, что у человека процессы памяти проявляются в двух формах: логически-смысловой и чувственно-образной. Первая оперирует в основном понятиями и является высшей, вторая — представлениями. Чувственно-образная память подразделяется на зрительную, слуховую, вкусовую, обонятельную и другие виды. Кроме перцептивной, кратковременной и долговременной видов памяти была выделена промежуточная, или лабильная память, в которой осуществляется избирательное удержание информации на время, необходимое для выполнения

текущей деятельности. Таким образом, процессы памяти человека проходят по крайней мере четыре стадии. Сенсорная память связана с удержанием сенсорной информации (доли секунд) и служит первичному анализу и дальнейшей обработке сенсорных событий. Во время этой стадии непрерывный поток сигналов организуется в отдельные информационные единицы (через гностические нейроны), часть из которых получает доступ (ввод) в долговременную память, где она сохраняется неопределенно длительное время. Остальная информация из сенсорной памяти устраняется путем спонтанного разрушения или «стирания» при поступлении новой. Сенсорный след занимает больше времени, чем само воздействие, из-за задержек и переключений в центральной нервной системе. Поэтому длительность сохранения следов в сенсорной памяти составляет 0,1—0,5 с. Главной ее особенностью является относительно неограниченная емкость. Это обеспечивает возможность эффективного функционирования других видов памяти путем выбора, фиксации и переработки наиболее важной для организма информации. Судьба отобранного для хранения материала определяется его характером.

Как видно из всего выше упомянутого, процесс запоминания зависит от сенсорной памяти, так как этот процесс (сенсорная память) работает на начальном этапе восприятия. Сенсорное восприятие обеспечивает принятие информации со внешних источников за счет систем анализаторов. Сенсорная память с одной стороны позволяет контролировать весь поток информации с внешних и внутренних рецепторов, с другой стороны этот массив слишком велик, чтобы хранить его полностью. То есть при поездке в автобусе на какое-то время человек помнит всех людей находящихся рядом, звуки которые он слышит, но эта информация быстро уходит из памяти так как информации слишком много. Однако большая часть сенсорной информации исчезает достаточно быстро. Меньшая часть переходит в следующий уровень памяти — собственно кратковременную память. Данный переход осуществляется по следующим параметрам: во-первых большое значение имеет мотивация, то есть если человеку что-либо необходимо, то он обязательно запомнит те

подробности, которые связаны с тем, что ему нужно, во-вторых важным аспектом является эмоциональная составляющая, то есть если какой-либо из фактов окрашен эмоциями, то он запоминается лучше. Но как было сказано ранее кратковременная память активна в течение очень короткого времени. Следующий этап запоминания — это переход из кратковременной памяти в долговременную. На этом этапе выделяют несколько уровней промежуточной памяти, на которых происходит замыкание нейронных сетей за счет биохимического, структурного изменения синапсов и накопление белков памяти. Когда перестройка синапсов завершается и белки памяти накапливаются в достаточном количестве, происходит полное замыкание цепей и в данном случае происходит переход в долговременную память, которая хранит информацию в течение значительно больших сроков. Как и в случае перехода из сенсорной памяти в кратковременную есть факторы влияющие на процесс, но влияние несколько различается. Во-первых сохраняется влияние доминанты, чем больше необходимость в запоминаемой информации, тем быстрее происходит процесс запоминания. Во-вторых, важным является эмоциональная составляющая, чем больше эмоциональное значение информации, тем лучше процесс запоминания. То есть чем более яркие эмоции были испытаны при получении информации, тем лучше запоминается сама информация. В-третьих важным является повторение запоминаемой информации, то есть чем больше происходит повторений, тем быстрее происходит процесс запоминания. Но у долговременной памяти есть недостатки, со временем происходит разрушение связей, и как следствие забывание. Но механизм запоминания и хранения информации именно таков.

### **Физиология сна**

**Сон** - физиологическое состояние, которое характеризуется потерей активных психических связей субъекта с окружающим его миром. Сон является жизненно необходимым для высших животных и человека. Длительное время считали, что сон представляет собой отдых, необходимый для восстановления энергии клеток мозга после активного бодрствования. Однако оказалось, что

активность мозга во время сна часто выше, чем во время бодрствования. Было установлено, что активность нейронов ряда структур мозга во время сна существенно возрастает, т.е. сон - это активный физиологический процесс.

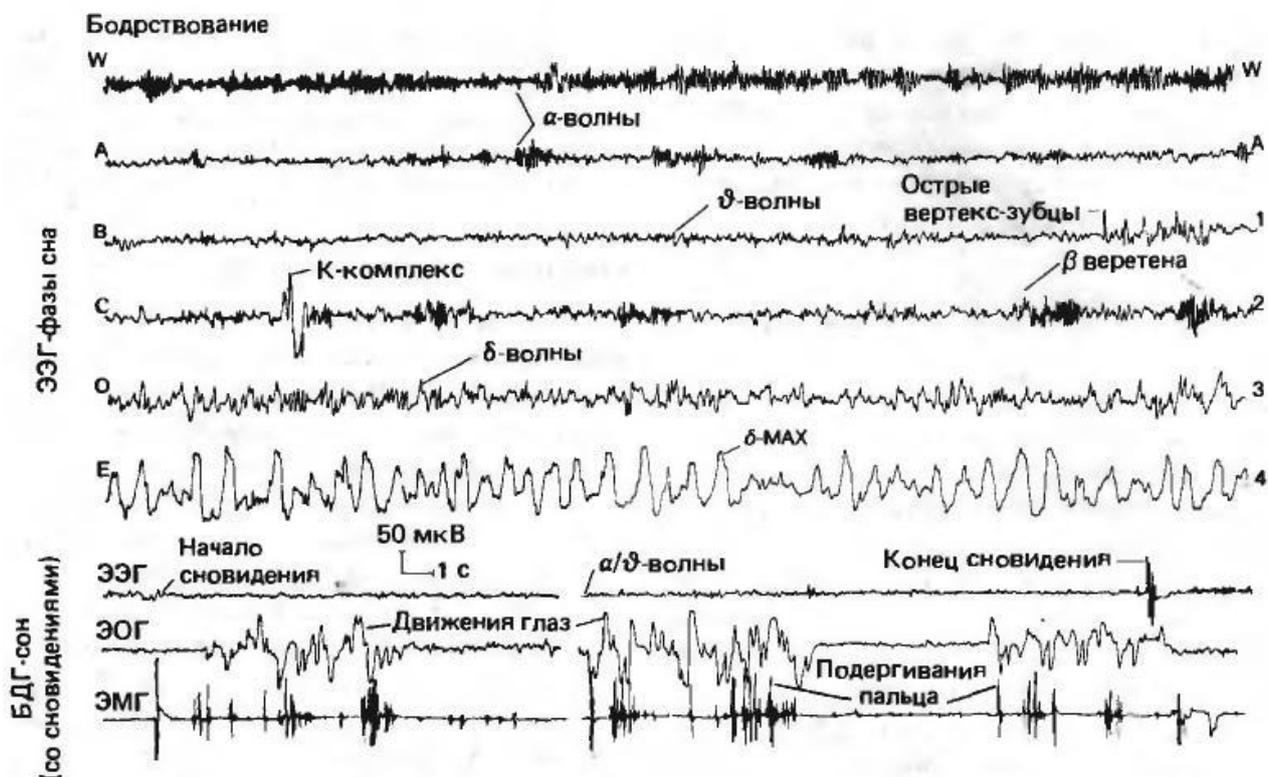
Рефлекторные реакции во время сна снижены. Спящий человек не реагирует на многие внешние воздействия, если они не имеют чрезмерной силы. Сон характеризуется фазовыми изменениями ВНД, которые особенно отчетливо проявляются при переходе от бодрствования ко сну (уравнительная, парадоксальная, ультрапарадоксальная и наркотическая фазы). В наркотическую фазу животные перестают отвечать условно-рефлекторной реакцией на любые условные раздражители. Сон сопровождается рядом характерных изменений вегетативных показателей и биоэлектрической активности мозга.

Для состояния бодрствования характерной является низкоамплитудная высокочастотная ЭЭГ активность (бета-ритм). При закрывании глаз эта активность сменяется альфа-ритмом, происходит засыпание человека. В этот период пробуждение происходит достаточно легко. Через некоторое время начинают возникать "веретена". Примерно через 30 мин стадия "веретен" сменяется стадией высокоамплитудных медленных тета-волн. Пробуждение в эту стадию затруднено, она сопровождается рядом изменений вегетативных показателей.

### **Процесс сна**

**Сон** - физиологическое состояние, которое характеризуется потерей активных психических связей субъекта с окружающим его миром. Сон является жизненно необходимым для высших животных и человека. Длительное время считали, что сон представляет собой отдых, необходимый для восстановления энергии клеток мозга после активного бодрствования. Однако оказалось, что активность мозга во время сна часто выше, чем во время бодрствования. Было установлено, что активность нейронов ряда структур мозга во время сна существенно возрастает, т.е. сон - это активный физиологический процесс.

Рефлекторные реакции во время сна снижены. Спящий человек не реагирует на многие внешние воздействия, если они не имеют чрезмерной



**Рисунок 4: Классификация стадий сна у человека по особенностям ЭЭГ.** Первые шесть записей помечены слева по Лумису и др., а справа-по Клайтману и др.]; см. также. Стадия W - бодрствование в расслабленном состоянии; стадия А-переход от бодрствования к сну (многие авторы считают ее частью стадии W); стадия В (1) засыпание и самый поверхностный сон (считается, что острые вертекс-зубцы в конце кривой соответствуют «физиологическому моменту» засыпания); стадия С(2) поверхностный сон; стадия D (3) умеренно глубокий сон; стадия Е (4) - глубокий сон. Три нижние кривые представляют собой одновременную запись ЭЭГ, электрооку-лограммы (ЭОГ) и электромиограммы указательного пальца (ЭМГ) во время БДГ-сна (со сновидениями). Обычно его эпизоды возникают в конце каждого сонного цикла. Их нельзя отнести ни к одной из «классических» стадий сна.

силы. Сон характеризуется фазовыми изменениями ВНД, которые особенно отчетливо проявляются при переходе от бодрствования ко сну (уравнительная, парадоксальная, ультрапарадоксальная и наркотическая фазы). В наркотическую фазу животные перестают отвечать условно-рефлекторной реакцией на любые условные раздражители. Сон сопровождается рядом характерных изменений вегетативных показателей и биоэлектрической

активности мозга.

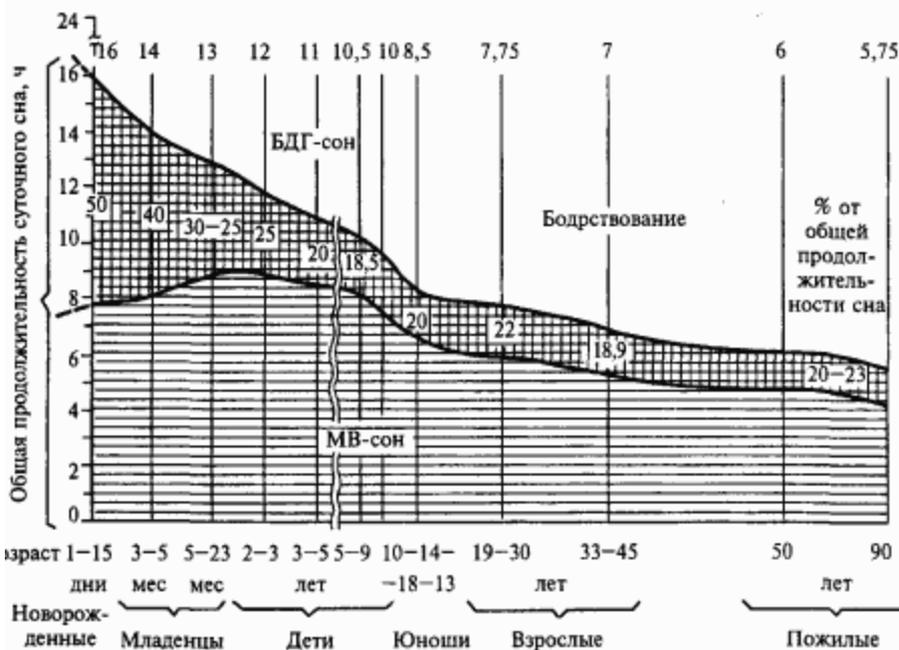
Начинается с фазы засыпания, на этом этапе происходит частичное отключение сознания, а на энцефалограмме наблюдаются  $\alpha$ -ритмы, это свидетельствует о полном отключении мозга и организм подготавливается к процессу сна. Процессы засыпания занимают где-то 40 мин. Затем происходит циклическое повторение циклов сна. За период сна циклы повторяются 4 — 5 раз. Каждый цикл состоит из двух этапов: первый этап — период глубокого или дельта-сна, в это время происходит полное отключение организма, сопровождаемое дельта-ритмами в затылочной области при съеме энцефалограммы, второй этап — это парадоксальный сон или сон с быстрым движением глаз. Этот тип сна важен наличием не только активности коры больших полушарий, этот период сна связан с  $\beta$ -ритмами коры больших полушарий, Во время парадоксального сна происходит активное действие мозга, в это время происходит процесс обработки полученной в течение предыдущего периода времени информации. В случае  $\delta$ -сна происходит полное отключение организма для восстановления жизненных функций. Данный тип сна ( $\delta$ -сон) характеризуется  $\delta$ -ритмами, которые обычно характеризуются  $\delta$ -ритмами, характерными для глубокого сна. В этот период сна происходит полное восстановление функционирования и организма и головного мозга.

Второй фазой цикла является — период парадоксального сна или сна с быстрым движением глаз. На данном этапе электро-энцефалограмма характеризуется наличием  $\beta$ -ритмов, свидетельствующих об высокой активности мозга. Как показывает ЭЭГ (электроэнцефалограмма) в данный момент (период парадоксального сна) наблюдается активность коры. Эта активность связана с активностью коры больших полушарий, что обеспечивается корой во время ее активности. То есть происходит изменение активности связанное с процессом воспоминаний. В данном случае происходит процесс запоминания и переработки полученной информации. В данном случае перерабатываемая информация связана с процессом сновидений и эти

воспоминания обеспечивают процесс запоминания.

То есть циклы  $\delta$ -сна и парадоксального сна чередуясь формируют циклы сна, которые составляют около 60 мин.

Порог пробуждения в БДГ-фазе сна примерно такой же, как и во время глубокого сна, однако ЭЭГ сходна с записываемой при бодрствовании или переходе ко сну, поэтому БДГ-сон получил также название парадоксального, или десинхронизированного. Все прочие фазы вместе взятые часто называют синхронизированным или медленноволновым сном (сном без БДГ). Такое разделение справедливо еще и потому, что сновидения, очевидно, возникают главным образом во время сна с БДГ.



**Рисунок 5: Соотношение сна и бодрствования, а также БДГ- и медленноволнового сна в различные периоды жизни человека. Наиболее существенное изменение в раннем возрасте — уменьшение общей длительности сна и значительное снижение в нем доли БДГ фазы**

повторяется примерно через каждые 1,5 ч и длится в среднем 20 мин, причем с каждым разом все больше.

Все эти циклические колебания глубины сна либо не влияют на циркадианные ритмы вегетативных параметров (например, температуры тела), либо вызывают временные изменения последних. Такие отклонения особенно

На протяжении ночи последовательность стадий сна повторяется в среднем три-пять раз. Как правило, максимальная его глубина при каждом таком цикле убывает к утру, когда стадия E уже не достигается или становится очень короткой. В норме БДГ-сон

выражены в БДГ-фазы сна. Некоторые реакции спящего человека наблюдаются только в это время.

С возрастом соотношение между временем бодрствования и сна, а также между фазами БДГ-и «неБДГ»-сна претерпевают характерные изменения. Основная тенденция-постепенное уменьшение общей продолжительности сна и значительное снижение в нем доли БДГ-фазы. Последовательность и длительность остальных фаз, не указанных на рисунке у грудных и маленьких детей также иные, чем у взрослых. Значительная доля БДГ-фазы в самом раннем возрасте наводит на мысль, что этот сон, сопровождающийся повышенной активностью нервных клеток (такая же десинхронизация ЭЭГ, как и при сосредоточении внимания: см., например, блокаду  $\alpha$ -ритма), играет важную роль в онтогенетическом развитии ЦНС: поскольку грудные дети получают гораздо меньше информации об окружающем мире, чем взрослые, их сновидения обеспечивают внутреннюю стимуляцию, компенсирующую недостаток внешней.

Детям и взрослым гораздо легче вспомнить содержание только что увиденного во сне, если их разбудить во время БДГ-фазы или тотчас после ее окончания; проснувшись в фазе медленноволнового сна, человек часто не помнит сновидений. Во всех работах, включавших подобные наблюдения, отмечается высокая частота таких воспоминаний в первом случае (60-90%) и существенно более низкая, причем значительно колеблющаяся (от 1 до 74%), во втором. Следовательно, вполне вероятно, что сновидения всегда или обычно возникают во время БДГ-сна. В то же время медленноволновый сон также сопровождается определенными психическими процессами: в его фазы наблюдаются разговор во сне, снохождение и ночные страхи у детей.

Отчеты о сновидениях людей, разбуженных во время БДГ-сна, гораздо живее, «зримее» и эмоциональнее, чем при пробуждении в течение медленноволновой фазы. В последнем случае содержание сновидений представляется более абстрактным и «умственным» (когнитивным). После БДГ-сна впечатления менее связные и труднее излагаются словами (вербализуются);

содержание сновидений «сенсорное» (образы, запахи, звуки), оно кажется более реальным и сильнее влияет на проснувшегося человека.

Существует значительная разница в содержании сновидений первой и второй половин ночи. В первую половину сновидения теснее связаны с действительностью, в частности с событиями прожитого дня. Во вторую половину ночи они менее напоминают повседневную жизнь, к утру становятся все более странными и эмоционально насыщенными. Вспоминаются лишь сновидения, возникшие в фазы БДГ-сна, после которых (в пределах 5 мин) человек проснулся, или же последнее ночное сновидение. Мир снов кажется таким фантастическим именно потому, что обычно мы четче всего помним приснившееся под утро. Сновидения же первой половины ночи вполне рациональны и связны.

На содержание сновидений влияют предшествующие события. Так, при лишении воды (жажде) БДГ-фазы и сопутствующие им сновидения становятся более выраженными и длительными. По-видимому, эффект аналогичен, если человек смотрит на ночь захватывающий фильм. Если испытуемого будить в начале каждой БДГ-фазы, т. е. при лишении парадоксального сна, в следующий период «полного» сна эти фазы становятся продолжительнее и глубже, а сновидения ярче; организм как бы наверстывает упущенное. В подобных экспериментах обнаружено, что даже когда людей или животных в течении длительного времени лишали БДГ-сна (а следовательно, и сновидений), вопреки существовавшим ранее предположениям, никаких продолжительных физических или психических расстройств у них не возникало. Внешние раздражители, действующие во время БДГ-сна (особенно слуховые) иногда включаются в содержание сновидений. Такие стимулы используют в качестве «отметок времени» при анализе отчетов о сновидениях. Связь этих раздражителей с содержанием сновидений служит веским доказательством того, что последние возникают именно в фазе БДГ-сна.

По-видимому, во время сна с БДГ для сновидений складываются особенно благоприятные условия. Нет никаких оснований считать зрительные

сновидения причиной БДГ, так как типичные быстрые движения глаз наблюдаются и тогда, когда сложные зрительные образы еще не накоплены, например у плодов и новорожденных, в том числе у новорожденных животных до открытия у них глаз.

Предлагались различные устройства и методики, якобы дающие людям возможность, не прикладывая усилий, обучаться во сне. К сожалению, информация, предъявляемая во время сна, не запоминается, если только на ЭЭГ во время или после этого не появляется  $\alpha$ -ритм (т.е. если человек не просыпается). Как уже говорилось, из всех проявлений активности мозга во время сна запоминается лишь последнее сновидение; это также свидетельствует о том, что спящий мозг менее способен к запоминанию, чем бодрствующий.

С другой стороны облегчает закрепление изучаемого материала. Если какая-то информация заучивается непосредственно перед засыпанием, то спустя 8 ч она вспоминается лучше, чем материал, усваивавшийся накануне утром. Этому может быть несколько объяснений, и какое из них верное, пока неизвестно. Во-первых, днем действует множество отвлекающих раздражителей, мешающих процессу закрепления новых данных в памяти, протекающему в промежутке между их заучиванием и воспроизведением; ночью же таких раздражителей нет. Во-вторых, забывание может быть пассивным процессом, который во сне просто протекает медленнее, чем при бодрствовании. Можно предположить также, что сон (особенно «активный» БДГ-сон) способствует закреплению материала, как бы «вычищая» из памяти все «лишнее»; по крайней мере, в опытах на животных была обнаружена тесная связь между долей БДГ-фаз в общей продолжительности сна и количеством запоминаемой информации.

### **Нарушения сна**

Некоторые виды нарушений сна затрагивают не только (или даже не столько) самого спящего, но и окружающих его людей. Известный пример храп, возникающий у человека, когда во сне (обычно-лежа на спине он дышит открытым ртом, и его язык западает в глотку. Иногда это сопровождается

сонными апноэ (спонтанной остановкой дыхания), чреватыми смертельным исходом. Бруксизм (скрежетание зубами во сне) обычно также беспокоит не столько самого страдающего этим нарушением, сколько окружающих (хотя в конечном счете зубы и ткани челюстей могут повреждаться). Причины его неизвестны. Возможно, это рудиментарный рефлекс, соответствующий заточке зубов, наблюдаемой у животных. К нарушениям иногда относят сноговорение однако, как указывалось выше, его следет скорее рассматривать как безвредное проявление психической деятельности спящего.

**Снохождение** (сомнамбулизм) также нельзя считать патологией. За исключением редких несчастных случаев, оно совершенно безобидно. Снохождение наблюдается в любом возрасте, хотя наиболее распространено у детей и молодых людей. Глаза сомнамбулы широко открыты, а взгляд устремлен вперед как бы в пустоту. Внешние раздражители не вызывают у него никаких реакций. Движения человека угловатые и неуклюжие. Как уже говорилось, снохождение возникает преимущественно во время глубокого сна, поэтому его нельзя считать двигательным проявлением сновидений. Сомнамбулизм считают особой формой бодрствования, при которой преобразование сенсорной информации в двигательные акты в общем сохраняется, однако сознание отключено.

**Ночное недержание мочи (энурез)** встречается примерно у 10% детей старше двух лет и практически всегда в фазе медленноволнового сна. Соответственно, если ребенка разбудить сразу же после мочеиспускания, сознание его спутано, он дезориентирован и не может вспомнить никаких сновидений. Причины энуреза неизвестны; здесь предполагают как физиологические, так и психологические факторы. У детей (главным образом 3—8 лет и лишь в редких случаях после пубертатного периода) встречаются **ночные страхи**. Спящий ребенок внезапно садится в постели и начинает кричать, как бы глядя на что-то широко открытыми глазами. Лицо его бледное и покрытое потом, дыхание затруднено. Вскоре он просыпается, осознает окружающее, успокаивается и вновь засыпает. Нечто подобное встречается у

взрослых; это-**кошмары**. Особая их разновидность **сонный** ступор при пробуждении или засыпании. В течение короткого периода человек совершенно не может двигаться. Часто такой ступор наступает на фоне ясного сознания и вызывает не столько испуг, сколько ошеломление. Однако при этом состоянии могут наблюдаться пугающие галлюцинации; например кажется, что на груди лежит камень или кто-то наваливается сверху. Если в такой момент, с человеком заговорить или дотронуться до него, все симптомы исчезают. Около 15% взрослых людей страдают бессонницей. При этом им кажется, что они не спят или спят слишком мало. Такое субъективное ощущение «недосыпания» не обязательно означает действительный недостаток сна и его пагубные последствия для здоровья. Специальные исследования показали, что жалующиеся на бессонницу спят больше, чем сами осознают. Более того, как выяснилось в опытах с лишением сна, хотя при полном его отсутствии и могут возникать непродолжительные физические и психические расстройства, сокращение времени сна, например, до 4-5 ч в сутки в течение многих недель, если и сказывается на работоспособности и самочувствии, то лишь в минимальной степени. Таким образом, «бессонница», не сопровождающаяся значительным укорочением общего периода сна в течение длительного времени, по имеющимся данным, вовсе не обязательно угрожает здоровью, поэтому применение снотворных следует разумно ограничивать

### **Сон и бодрствование у животных**

Сон с его парадоксальными и медленноволновыми фазами характерен для всех млекопитающих. Филогенетически сон с БДГ появился сравнительно недавно. У рыб и пресмыкающихся его нет. У птиц зги фазы очень коротки (по несколько секунд) и в совокупности составляют менее 1% общей длительности сна. И напротив, у всех млекопитающих доля БДГ-сна значительна. Интересно, что у видов-охотников (человека, кошки, собаки и т.п.) она существенно больше (в среднем около 20% общей продолжительности сна), чем у их жертв (у кролика и жвачных-в среднем 5-10%). Однако в онтогенезе филогенетическое развитие БДГ-сна не воспроизводится. Напротив, у новорожденных

млекопитающих, как и у человека, его доля значительно больше, чем у взрослых особей. Таким образом, БДГ-сон представляет собой особенность только высокоорганизованного мозга и, возможно, как указывалось — при обсуждении играет важную (еще не известную) роль в его онтогенетическом развитии.

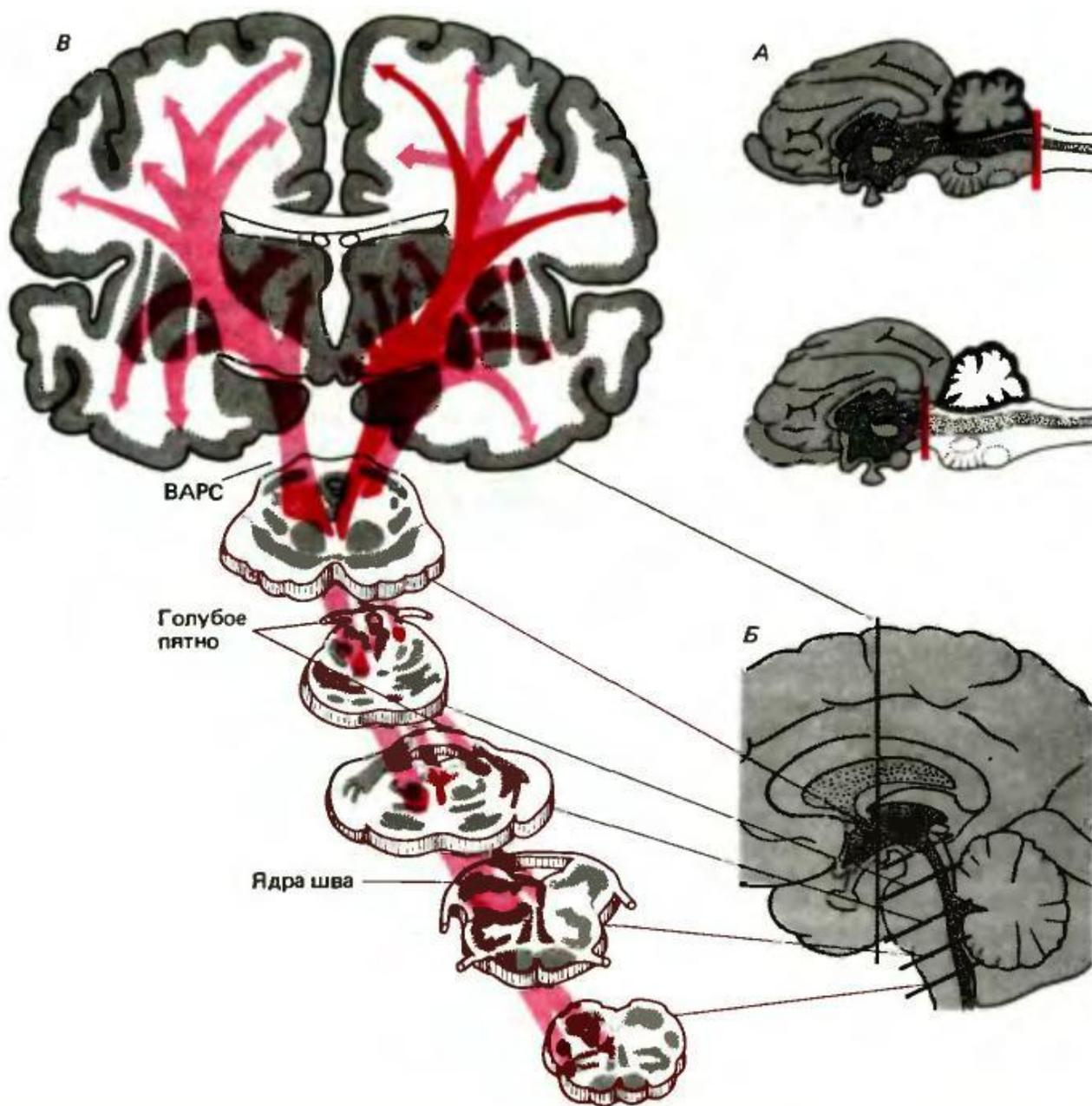
### **Механизмы бодрствования и сна**

В предыдущем разделе цикл сон/бодрствование рассматривался как одно из проявлений циркадных ритмов. Как выяснилось, сон—это сложный, упорядоченный процесс, при котором в течение ночи несколько раз с определенной периодичностью чередуются две основные фазы—с БДГ и без БДГ. Следовательно, теория, объясняющая цикл сон/бодрствование, должна, во-первых, основываться на представлениях о циркадных ритмах, а во-вторых, отвечать по меньшей мере на следующие вопросы: почему мы должны спать? как начинается сон? как и почему он заканчивается? какие механизмы отвечают за различные фазы сна и за их периодические смены?

Переход от бодрствования ко сну предполагает два возможных пути. Прежде всего, не исключено, что механизмы, поддерживающие бодрствующее состояние, постепенно «утомляются». В соответствии с такой точкой зрения, сон—это пассивное явление, следствие снижения уровня бодрствования. Однако не исключено и активное торможение обеспечивающих бодрствование механизмов. В этом случае нервные процессы, вызывающие сон, развиваются еще в бодрствующем состоянии, и в конечном итоге прерывают бодрствование. В нашем столетии активно проверялись обе точки зрения; до последнего времени господствовала теория пассивного засыпания, однако окончательно вопрос не решен. Ниже мы кратко рассмотрим современное положение дел в области изучения сна.

### **Деафферентационная теория сна**

В конце 1930-х г. Ф. Бремер обнаружил, что электроэнцефалограмма



**Рисунок 6: Пути и мозговые проекции трех основных неспецифических входов от ствола мозга. А** Перерезки, отделяющие спинной мозг от вышележащих отделов (вверху) и передний мозг от нижележащих (внизу). **Б.** Уровни поперечных срезов ствола мозга и фронтального среза полушарий, приведенных на рис. В. В. Слева-происхождение и путь восходящей активирующей ретикулярной системы (ВАРС); справа - ядро шва, голубое пятно и проекции исходящих из них волокон.

кошки с перерезкой, отделяющей спинной мозг от головного, после восстановления от операционного шока демонстрирует циклические изменения с чередованием синхронизированной картины, характерной для сна, и десинхронизированной, типичной для бодрствования. В последнем случае

зрачки животного расширены, а глаза следят за движущимися объектами; при записи «сонной» ЭЭГ зрачки сужены. Если перерезка произведена выше - на уровне четверохолмия (изоляция переднего мозга), т.е. исключены все сенсорные стимулы, кроме зрительных и обонятельных, наблюдается только типичная для сна синхронизированная ЭЭГ. Эти данные подтверждали давнюю точку зрения, согласно которой активность ЦНС индуцируется и поддерживается прежде всего сенсорными раздражителями (теория простых рефлексов). Бремер пришел к выводу, что для бодрствования необходим хотя бы минимальный уровень активности коры, поддерживаемый сенсорными стимулами, а сон-состояние, обусловленное прежде всего снижением эффективности сенсорной стимуляции мозга, т.е. своего рода **деафферентацией**. Его опыты стали ключевым аргументом в пользу **теории пассивного засыпания** (см. выше).

Деафферентационная теория с самого начала встречала возражения. Во-первых, подчеркивалось, что в изолированном переднем мозге со временем появляются ритмичные колебания, характерные для цикла сон/бодрствование. Кроме того, лишение человека сенсорных стимулов (в особых камерах, где отсутствуют слуховые, зрительные и проприоцептивные раздражители) приводит к постепенному уменьшению длительности сна. У больных с посттравматическим параличом четырех конечностей продолжительность сна также различна. Наконец, представления, согласно которым бодрствующее состояние поддерживается нисходящими корковыми влияниями, неверны, так как цикл сон/бодрствование обнаружен и у организмов без конечного и промежуточного мозга, например у новорожденных детей-анэнцефалов и хронически децеребрированных млекопитающих.

### **Ретикулярная теория сна и бодрствования**

В ретикулярной формации ствола мозга находится множество диффузно расположенных нейронов, аксоны которых идут почти ко всем областям головного мозга, за исключением неокортекса (левое полушарие). Ее роль в цикле сон/бодрствование была исследована в конце 1940-х гг. Морuzzi и

Мэгуном. Они обнаружили, что высокочастотное электрическое раздражение этой структуры у спящих кошек приводит к их мгновенному пробуждению. И напротив, повреждения ретикулярной формации вызывают постоянный сон, напоминающий кому; перерезка же только сенсорных трактов, проходящих через ствол мозга, такого эффекта не дает. Эти данные заставили по-новому взглянуть на результаты опытов Бремера. Ретикулярную формацию стали рассматривать как отдел, единственная функция которого поддерживать необходимый для бодрствования уровень активности мозга за счет восходящей активирующей импульсации (отсюда термин «**восходящая активирующая ретикулярная система**», **ВАРС**). При перерезке, отделяющей спинной мозг от головного, ВАРС сохраняется, а в изолированном переднем мозге нарушена. Следовательно, бодрствование-результат работы ВАРС, а сон возникает, когда ее активность либо пассивно, либо под влиянием внешних факторов снижается.

Восходящие пути ВАРС получили название **неспецифичных проекций** (в отличие от классических специфичных сенсорных проекций). Как полагают, переход от сна к бодрствованию и обратно обусловлен значительными колебаниями уровня восходящей активации ретикулярного происхождения. В свою очередь эта изменчивость зависит, во-первых, от количества сенсорных импульсов, поступающих в ретикулярную формацию по коллатералям специфичных путей, проходящих в стволе мозга (в этом ретикулярная теория смыкается с теорией деафферентации), а во-вторых, от активности нисходящих волокон от коры и подкорковых структур, что подразумевает двусторонние связи между передним мозгом и стволовыми отделами. Небольшие колебания импульсации ВАРС во время бодрствования, согласно изложенной точке зрения, вызывают некоторые изменения общего поведения (например, внимательности).

Однако представления о ретикулярной формации как о главном возбуждающем центре противоречат некоторым экспериментальным фактам. Во-первых, ее электрическая стимуляция может в зависимости от местоположения электрода, частоты раздражения и исходного состояния

животного приводить как к засыпанию, так и к пробуждению. Следовательно, необходимо предположить наличие в ретикулярной формации центра не только бодрствования, но и сна. По-видимому, ее каудальные отделы оказывают тормозное действие на ростральные. Во-вторых, нейронная активность ретикулярной формации во время сна, хотя и имеет иной, чем при бодрствовании, характер, по своей величине в этих (особенно в БДГ-фазе) состояниях не различается, что также противоречит ретикулярной теории. В-третьих, как уже указывалось, даже в изолированном переднем мозгу наблюдается цикл сон/бодрствование. По-видимому, он обусловлен главным образом структурами промежуточного мозга (медиального таламуса и переднего гипоталамуса). Следовательно, ретикулярная формация не единственный центр бодрствования и сна.

### **Серотонинергическая теория сна**

В верхних отделах ствола мозга есть две области **ядра шва** и **голубое пятно** у нейронов которых такие же обширные проекции, как и у нейронов ретикулярной формации, т. е. достигающие многих областей ЦНС (справа). Медиатором в клетках ядер шва служит **серотонин** (5-гидрокситриптамиин, **5-НТ**), а голубого пятна - **норадреналин**. В конце 1960-х гг. на основании ряда фактов М. Жуве пришел к выводу, что две эти нейронные системы, особенно ядра шва, играют важнейшую роль в возникновении сна. Разрушение ядер шва у кошки приводит к полной бессоннице в течение нескольких дней; за несколько следующих недель сон нормализуется. Частичная бессонница может быть также вызвана подавлением синтеза 5-НТ п-хлорфенил-аланином. Ее можно устранить введением 5-гидро-кситриптофана, предшественника серотонина (последний не проникает через гематоэнцефалический барьер). Двустороннее разрушение голубого пятна приводит к полному исчезновению БДГ-фаз, не влияя на медленноволновой сон. Истощение запасов серотонина и норадреналина под влиянием резерпина вызывает, как и следовало ожидать, бессонницу. При этом после введения 5-гидрокситриптофана восстанавливается только медленноволновой сон.

Все перечисленное позволило предположить, что **выделение серотонина** приводит к активному торможению структур, отвечающих за бодрствование, т.е. **вызывает сон**. При этом первой всегда возникает его медленноволновая фаза. Позднее наступает БДГ-сон, для которого необходимо голубое пятно (его активность обуславливает общее падение мышечного тонуса и быстрые движения глаз). Кроме того, оно подавляет импульсацию ядер шва, что приводит к пробуждению.

К сожалению, в своем первоначальном виде эта теория неверна. Сейчас доказано, что **нейроны ядер шва наиболее активны** и выделяют максимум серотонина не во время сна, а **при бодрствовании**. Кроме того, возникновение БДГ, по-видимому, обусловлено активностью нейронов не столько голубого пятна, сколько более диффузного подголубого ядра. Однако из этого не следует, что серотонин никак не связан со сном. Судя по результатам недавних экспериментов (здесь мы их описывать не будем), он служит и медиатором в процессе пробуждения, и «гормоном сна» в бодрствующем состоянии, стимулируя синтез или высвобождение «веществ сна» («факторов сна»), которые в свою очередь вызывают сон.

### **Эндогенные факторы сна**

Всем известно, что бодрствовавший в течение длительного времени человек ощущает непреодолимую потребность в сне. Соответственно, уже очень давно пытались выяснить, не обусловлены ли усталость и сон периодическим накоплением, истощением или выработкой особых циркулирующих в крови метаболитов (факторов сна); тогда во время сна за счет удаления или обменных процессов должны восстанавливаться их концентрации, характерные для бодрствования. В последние двадцать лет эта гипотеза вновь привлекла к себе внимание в связи с прогрессом нейробиологии, особенно в изучении нейропептидов. Были сделаны попытки обнаружить особые вещества либо после длительного лишения сна, либо у спящего человека. Первый из этих подходов основан на предположении о том, что фактор(ы) сна во время бодрствования накапливаются до вызывающего сон

уровня, а второй-на гипотезе, согласно которой они образуются или выделяются во сне.

Оба подхода дали определенные результаты. Так, при проверке первой гипотезы из мочи и спинномозговой жидкости человека и животных был выделен небольшой гликопептид-фактор S, вызывающий медленноволновой сон при введении другим животным. Существует, по-видимому, и фактор сна с БДГ. Второй подход привел к открытию индуцирующего глубокий сон нонапептида (в настоящее время он уже синтезирован), так называемого пептида дельта-сна (DSIP, delta-sleep inducing peptide). Однако пока неизвестно, играют ли эти и многие другие «вещества сна», обнаруженные при проверке обеих гипотез, какую-либо роль в его физиологической регуляции. Более того, выделенные пептиды часто вызывают сон лишь у животных определенного вида; кроме того, он возникает и под действием других веществ.

### **Биологическое значение сна**

На вопрос, для чего мы спим, до сих пор нет удовлетворительного ответа. Здесь существуют самые различные предположения, которые, если и не исключают друг друга, остаются недоказанными. Наиболее распространенная гипотеза о том, что сон необходим для восстановления, недостаточно проверена экспериментально (так, после тяжелой физической нагрузки сон наступает быстрее, однако длительность его не изменяется). Неясно также, почему одним людям нужно поспать для отдыха совсем немного, а другим довольно долго. Наконец, не существует удовлетворительного объяснения роли двух столь различных фаз сна (с БДГ и без БДГ) и их периодического чередования в течение ночи.

### **Сезонная спячка и другие сноподобные состояния**

Длительное торможение процессов высшей нервной деятельности, сопровождаемое резким снижением уровня вегетативных функций, наступает у некоторых видов животных как приспособление к существованию в неблагоприятные сезоны года. Оно получило название **сезонной спячки**.

Многие животные, обитающие в местности, где зимой они лишаются

источников питания и не могут вести активный образ жизни, впадают на это время в **зимнюю спячку**. Так ведут себя, например, летучие мыши, ежи, сурки, суслики, хомяки, медведи. При зимней спячке происходит гораздо более глубокое, чем при обычном сне, торможение процессов высшей нервной деятельности и всех функций организма. О глубине этого торможения можно судить по тому, что у животного, погруженного в спячку, полностью прекращается электрическая активность мозга.

Обращает на себя внимание тот факт, что уже после прекращения активности в неокортексе в гиппокампе наблюдается «взрыв» деятельности. По поводу влияния спячки на условные рефлексы существуют противоречивые данные. Так, описана потеря во время спячки выработанных ранее условных рефлексов у хомяков и ежей, но сохранение их у сусликов. Однако некоторые безусловные рефлексы во время спячки оказываются усиленными. К ним относятся сложные рефлексы поддержания специфической позы спящего животного, в том числе проприоцептивные и лабиринтные (так, если летучую мышь, которая во время спячки висит вниз головой, перевернуть, то она переползает так, чтобы снова очутиться в прежней позе).

Наиболее яркое и удивительное изменение функций организма при такой спячке состоит в значительном сокращении обмена веществ. Исследование скорости включения меченого фосфора в ткани мозга показало его резчайшее падение во время зимней спячки суслика. Примечательно, что наиболее угнетенным оказывается синтез РНК. Траты энергии уменьшаются во много раз по сравнению с бодрствованием. Температура тела снижается почти до уровня, установившегося в норе или берлоге.

Описано крайнее замедление частоты дыхания при наступлении зимней спячки по сравнению с периодом бодрствования: с 40—50 вдохов/мин до 1—6 у ежей, с 25 до 4—5 у сурков, а у орешниковой сони наблюдались даже 5—10-минутные остановки дыхания. Падают величины основных показателей кровообращения. Так, частота сердечных сокращений снижается у ежа с 230 до 24 ударов/мин, объем крови, выбрасываемой в 1 мин сердцем суслика,

уменьшается в 60 раз, время кругооборота крови возрастает в десятки раз, артериальное кровяное давление становится в 5—6 раз ниже. Глубокие перестройки происходят в эндокринной системе и процессах тканевого метаболизма, изменяется течение всех вегетативных функций. Следует заметить, что регуляция этих функций у большинства зимоспящих животных уже в состоянии бодрствования обнаруживает особенности, создающие благоприятные условия для развития явлений спячки. Так, и в состоянии бодрствования температура тела у них оказывается ниже, чем у животных, не впадающих в зимнюю спячку.

Многие обитатели пустынь и полупустынь в засушливое время года при высокой температуре среды, высыхании водоемов и истощении растительности погружаются в **летнюю спячку**. При этом так же, как при зимней спячке, тормозятся все процессы высшей нервной деятельности, резко сокращается обмен веществ, падает температура тела, замедляются сердечные сокращения и дыхательные движения, снижаются все функции организма. Летней спячке подвержены многие насекомоядные, грызуны, некоторые полуобезьяны.

Нервный механизм возникновения и развития сезонных спячек включает в себя как условные, так и безусловные рефлексы, перестройки ряда процессов, прежде всего энергетического обмена и терморегуляции. Эти перестройки происходят под влиянием климатических и биоценологических сигналов на фоне их сезонной периодичности, сложившейся в эволюции. Исполнительными механизмами являются терморегуляторные центры мозгового отдела и эндокринные регуляторы обмена веществ. О значении факторов питания свидетельствуют эксперименты, в которых полное водное голодание вызвало у малого суслика летнюю спячку.

Своеобразным сноподобным состоянием является так называемый **животный гипноз**: если животному насильственно придать неестественное положение и так удерживать его некоторое время, а затем очень осторожно постепенно опустить, то животное остается в состоянии оцепенелой каталептической неподвижности. Так, лягушка может оставаться часами в

«позе Будды», курица лежать на спине с расслабленной мускулатурой. При этом развивается настолько сильное общее торможение, что в некоторых случаях даже болевое раздражение не выводит животное из этого состояния. Такая каталепсия наступает тем легче, чем более подготовлена нервная система животного к развитию тормозных процессов. Об этом наглядно свидетельствует опыт, в котором взрослый ожиревший суслик, готовящийся к зимней спячке, сразу засыпал, как только его иммобилизовали, растянув за лапки.

Сходные явления каталептической неподвижности наблюдали в лабораториях И. П. Павлова, как переходное состояние между бодрствованием и сном, вызванным иррадиацией внутреннего торможения в коре при исследовании условных рефлексов у собак. Когда в результате однообразия экспериментальной обстановки и действия отрицательных раздражителей торможение начинало распространяться по структурам мозга, то вначале выключались произвольные движения (реакция двигательной коры). При этом действовали стволовые центры сохранения данной позы и слюноотделительных рефлексов. Затем наступала каталептическая неподвижность: собака застывала в станке, не брала пищу, но выделяла на ее вид слюну. Дальнейшее распространение торможения на структуры мозгового ствола вызывало ряд промежуточных состояний постепенной потери позы, расслабления мускулатуры, наконец, прекращения выделения слюны на пищу, наступал полный сон. Такие промежуточные состояния можно было видеть в динамике показателей условных слюноотделительных рефлексов и по аналогии со стадиями **парабиоза** и они были обозначены как **уравнительная и парадоксальная стадии гипнотических состояний**. Внушения при гипнозе приобретают особую силу потому, что они не контролируются всеми остальными заторможенными механизмами сознания. Загипнотизированному можно внушить, что он обедает, и он будет с аппетитом черпать ложкой из пустой тарелки. При этом у него «слюнки текут», начинает выделяться желудочный сок и изменяется состав крови. Гипнозу очень легко поддаются

люди с сильной уравновешенной нервной системой, способные к самоорганизации и аутотренингу, а также с ослабленной нервной системой, в которой возбуждение скорее переходит в торможение. В то же время гипнотический сон является для таких людей лечебным средством, снимающим нагрузку, и может заменять снотворные при терапии сном. Он применяется также при лечении некоторых нервных заболеваний, алкоголизма и для мобилизации резервных сил организма больного путем внушения ему веры в выздоровление.

С психологической точки зрения гипноз был образно определен как **моральная капитуляция**. Исследование физиологического механизма гипноза показали сдвиги ЭЭГ, свидетельствующие о преобладании тормозных процессов, при этом появляются и сверхмедленные колебания.