

ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

- Одной из физиологических функций организма является восприятие окружающей действительности.
- Получение и обработка информации об окружающем мире является необходимым условием поддержания гомеостатических констант организма и формирования поведения.
- Среди раздражителей, действующих на организм, улавливаются и воспринимаются лишь те, для восприятия которых есть специализированные образования.
- Такие раздражители называют *сенсорными стимулами*, а сложноорганизованные структуры, предназначенные для их обработки – *сенсорными системами*.
- Сенсорные сигналы различаются *модальностью*, т.е. той формой энергии, которая свойственна каждому из них.

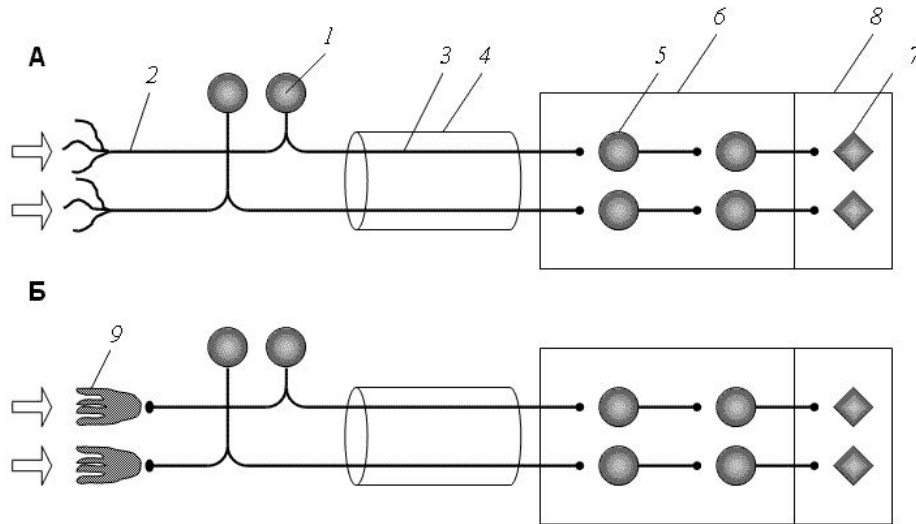
Объективная и субъективная сторона восприятия

- При действии сенсорного стимула в рецепторных клетках возникают электрические потенциалы, которые проводятся в ЦНС, где происходит их обработка, в основе которой лежит интегративная деятельность нейрона.
- Упорядоченная последовательность физико-химических процессов, протекающие в организме при действии сенсорного стимула, представляет объективную сторону функционирования сенсорных систем, которая может быть изучена методами физики, химии, физиологии.
- Развивающиеся в ЦНС физико-химические процессы приводят к возникновению субъективного *ощущения*.

Специфичность сенсорных систем

- Любой сенсорный сигнал, независимо от своей модальности, преобразуется в рецепторе в определенную последовательность (паттерн) потенциалов действия. Организм различает виды раздражителей только благодаря тому, что сенсорные системы обладают свойством специфичности, т.е. реагируют только на определенный вид раздражителей. Согласно *закону «специфических сенсорных энергий»* Иоганнеса Мюллера, характер ощущения определяется не стимулом, а раздражаемым сенсорным органом.

Строение сенсорной системы

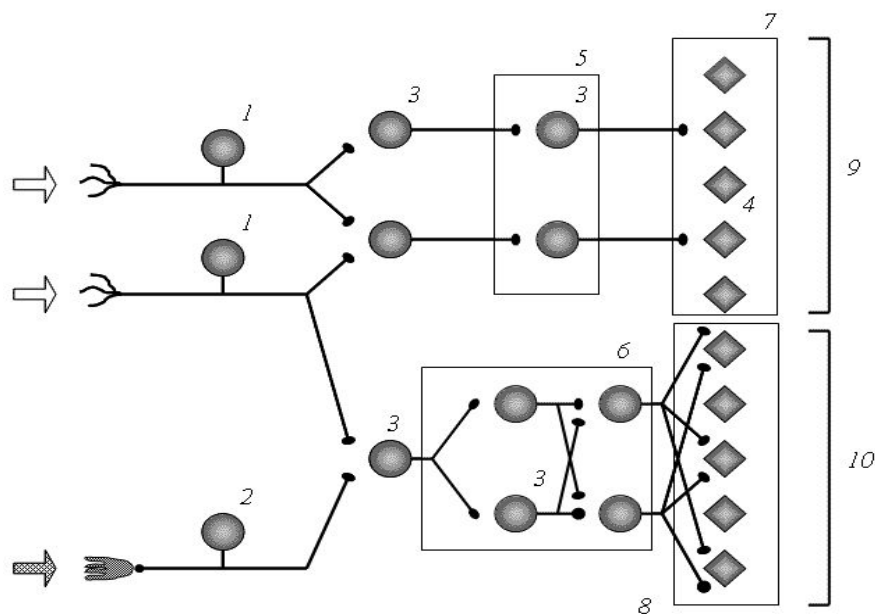


Общий план строения сенсорной системы с первичным (А) и вторичным (Б) сенсорным рецептором.

1 - чувствительный нейрон; 2 – дендрит чувствительного нейрона, 3 – аксон чувствительного нейрона, 4 – чувствительный (афферентный) нерв, 5 – нейрон ЦНС, 6 – ЦНС, 7 – корковый нейрон, 8 – коры больших полушарий, 9 – рецептирующая клетка

- Сенсорная система включает следующие элементы: вспомогательный аппарат, сенсорный рецептор, сенсорные пути, проекционная зона коры больших полушарий.
- Вспомогательный аппарат представляет собой образование, функцией которого является первичное преобразование энергии действующего стимула. Например, вспомогательный аппарат вестибулярной системы преобразует угловые ускорения тела в механическое смещение киноцилей волосковых клеток. Вспомогательный аппарат характерен не для всех сенсорных систем.

Принципы организации сенсорных путей



Организация сенсорных путей.

1 – чувствительные нейроны одной сенсорной системы, 2 – чувствительный нейрон другой сенсорной системы, 3 – нейрон ЦНС, 4 – корковый нейрон, 5 – таламус, 6 – ретикулярная формация, 7 – проекционная зона коры, 8 – ассоциативная зона коры, 9 – специфический проводящий путь, 10 – неспецифический проводящий путь.

- **Принцип многоканального проведения информации.** Каждый нейрон сенсорного пути образует контакты с несколькими нейронами более высоких уровней (дивергенция). Поэтому нервные импульсы от одного рецептора проводятся к коре по нескольким цепочкам нейронов (параллельным каналам). Параллельное многоканальное проведение информации обеспечивает высокую надежность работы сенсорных систем даже в условиях утраты отдельных нейронов (в результате заболевания или травмы), а также высокую скорость обработки информации в ЦНС.

- ***Принцип двойственности проекций.*** Нервные импульсы от каждой сенсорной системы передаются в кору по двум принципиально различным путям – специфическому (мономодальному) и неспецифическому (мультимодальному).
- Специфические пути проводят нервные импульсы от рецепторов только одной сенсорной системы, потому что на каждом нейроне такого проводящего пути конвергируют нейроны только одной сенсорной модальности (мономодальная конвергенция). Соответственно, каждая сенсорная система имеет свой специфический проводящий путь. Все специфические сенсорные пути проходят через ядра таламуса и образуют локальные проекции в коре больших полушарий, заканчиваясь в первичных проекционных зонах коры. Специфические сенсорные пути обеспечивают начальную обработку сенсорной информации и проведение ее в кору больших полушарий.
- На нейронах неспецифического пути конвергируют нейроны разных сенсорных модальностей (мультимодальная конвергенция). Поэтому в неспецифическом сенсорном пути происходит интегрирование информации от всех сенсорных систем организма. Неспецифический путь передачи информации проходит в составе ретикулярной формации и образует обширные диффузные проекции в проекционных и ассоциативных зонах коры.
- Неспецифические пути обеспечивают мультибиологическую обработку сенсорной информации и обеспечивают поддержание оптимального уровня возбуждения в коре больших полушарий.

- **Принцип соматотопической организации** характеризует только специфические сенсорные пути. Согласно этому принципу, возбуждение от соседних рецепторов поступает в рядом расположенные участки подкорковых ядер и коры. Т. е. воспринимающая поверхность какого-либо чувствительного органа (сетчатка глаза, кожа) как бы проецируется на кору больших полушарий.
- **Принцип нисходящего контроля.** Возбуждение в сенсорных путях проводится в одном направлении – от рецепторов в коре больших полушарий. Однако, нейроны, входящие в состав сенсорных путей, находятся под нисходящим контролем вышележащих отделов ЦНС. Такие связи позволяют, в частности, блокировать передачу сигналов в сенсорных системах. Предполагается, что этот механизм может лежать в основе явления избирательного внимания.

Основные характеристики ощущений

- Субъективное ощущение, возникающее в результате действия сенсорного стимула, обладает рядом характеристик, т.е. позволяет определить ряд параметров действующего раздражителя: качество (модальность), интенсивность, временные характеристики (момент начала и окончания действия раздражителя, динамику силы раздражителя), пространственная локализация.

- **Кодирование качества** раздражителя в ЦНС основано на принципе специфичности сенсорных систем и принципе соматотопической проекции. Любая последовательность нервных импульсов, возникших в проводящих путях и корковых проекционных зонах зрительной сенсорной системы, будет вызывать зрительные ощущения.
- **Кодирование интенсивности и временных характеристик.** При изменении во времени силы действующего стимула, будет изменяться и частота потенциалов действия, образующихся в рецепторе. При длительном действии раздражителя постоянной силы частота потенциалов действия постепенно снижается, поэтому генерация нервных импульсов может прекращаться еще до прекращения действия раздражителя.
- **Кодирование пространственной локализации.** Организм может достаточно точно определять локализацию многих раздражителей в пространстве. Механизм определения пространственной локализации раздражителей основывается на принципе соматотопической организации сенсорных путей

Зависимость интенсивности ощущения от силы стимула

- *Абсолютный порог* – наименьший по интенсивности стимул, способный вызвать определенной ощущение. Величина абсолютного порога зависит от:
 - характеристик действующего стимула (например, абсолютный порог для звуков разной частоты будет различным);
 - условий, в которых проводится измерение;
 - функционального состояния организма: направленности внимания,
- степени утомления и т.п.
- *Дифференциальный порог* – минимальная величина, на которую один стимул должен отличаться от другого, чтобы эта разница ощущалась человеком.

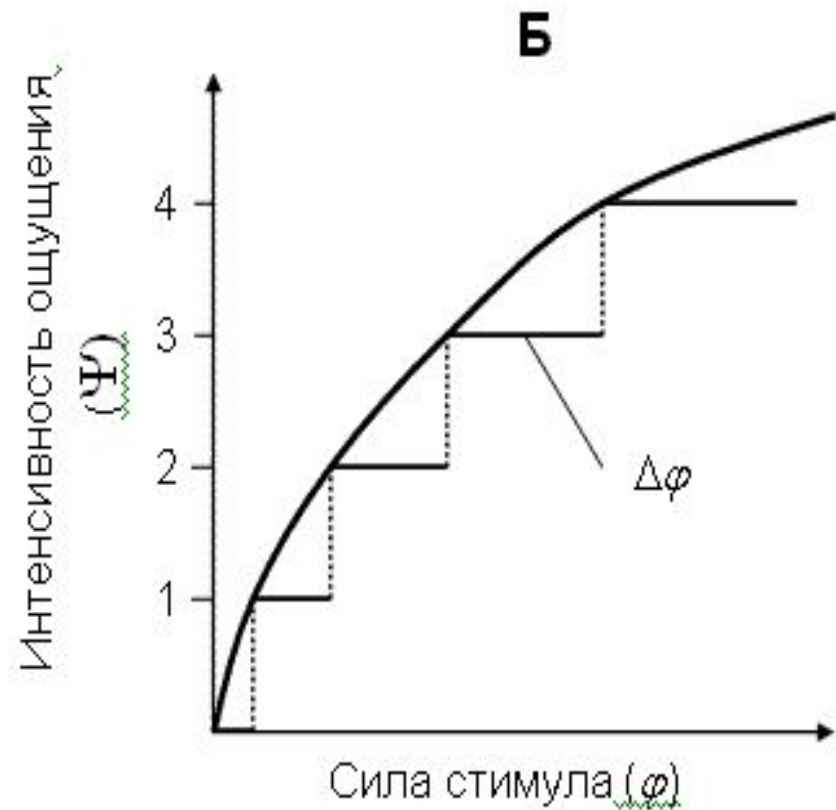
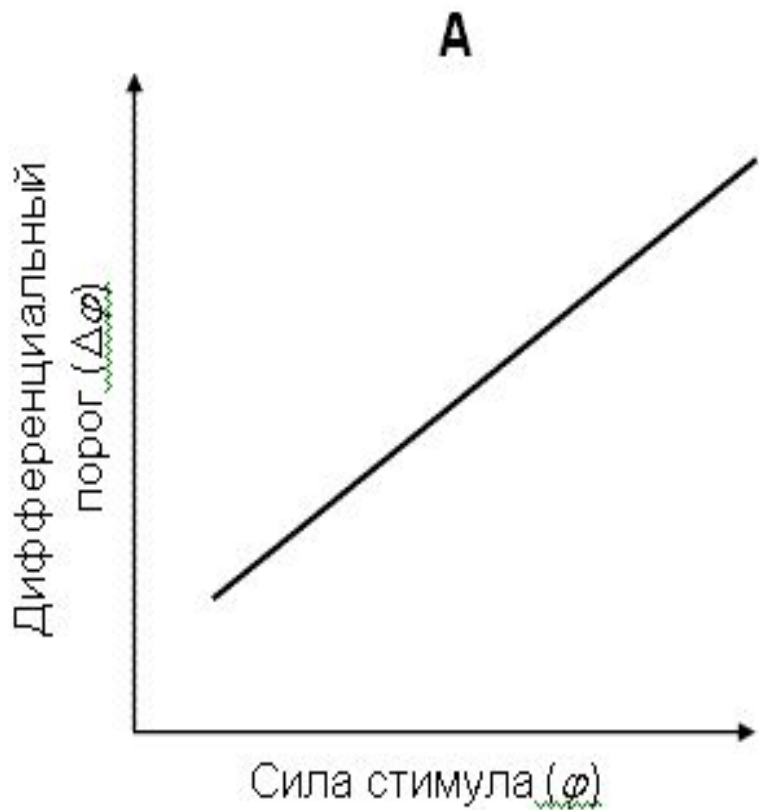
Закон Вебера

- В 1834 г Вебер показал, что для различения веса 2 предметов их разница должна быть больше, если оба предмета тяжелые и меньше, если оба предмета легкие. Согласно закону Вебера, **величина дифференциального порога (Dj) прямо пропорциональна силе действующего стимула (j).**

$$\frac{\Delta \varphi}{\varphi} = C$$

- где Dj - минимальный прирост силы стимула, необходимый для того, чтобы вызвать усиление ощущения (дифференциальный порог),
- j - сила действующего стимула.
- Закон Вебера справедлив для средних и больших интенсивностей стимула; при малых интенсивностях стимула в формулу необходимо вводить поправочную константу a .

$$\frac{\Delta \varphi}{(\varphi + a)} = C$$



- **Графическое изображение закона Вебера (А) и закона Фехнера (Б).**

Закон Фехнера

- Закон Фехнера устанавливает количественную связь между силой действующего стимула и интенсивностью ощущения. Согласно закону Фехнера, **сила ощущения пропорциональна логарифму силы действующего стимула.**

$$\Psi = k \cdot \log(\varphi/\varphi_0)$$

- где Ψ - интенсивность ощущения,
- k – коэффициент пропорциональности,
- j - сила действующего стимула,
- j_0 – сила стимула, соответствующая абсолютному порогу
- Закон Фехнера был выведен на основании закона Вебера. За единицу интенсивности ощущения было принято «едва заметное ощущение». При действии стимула, величина которого равна абсолютному порогу ощущения, возникает минимальное ощущение. Для того, чтобы ощутить едва заметное усиление ощущения, силу стимула необходимо увеличить на некоторую величину. Для того, чтобы ощутить дальнейшее едва заметное усиление ощущение, прирост силы стимула должен быть большим (согласно закону Вебера). При графическом изображении этого процесса получается логарифмическая кривая

Закон Стивенса

- Закон Фехнера основывается на допущении, что сила ощущения, вызываемого пороговым увеличением слабого и сильного стимула равны, что не совсем верно. Поэтому зависимость интенсивности ощущения от силы стимула более корректно описывается формулой, предложенной Стивенсом. Формула Стивенса была предложена на основании экспериментов, в которых испытуемому предлагали субъективно оценить в баллах интенсивность ощущения, вызываемого стимулами различной силы. Согласно закону Стивенса, интенсивность ощущения описывается показательной функцией.

$$\Psi = k \cdot (\varphi - \varphi_0)^a$$

- где a – эмпирический показатель степени, который может быть как больше, так и меньше 1, остальные обозначения как в предыдущей формуле.