

# Кафедра нормальной физиологии ДГМУ

Доц. А.Х. Измайлова

• Тема лекции:

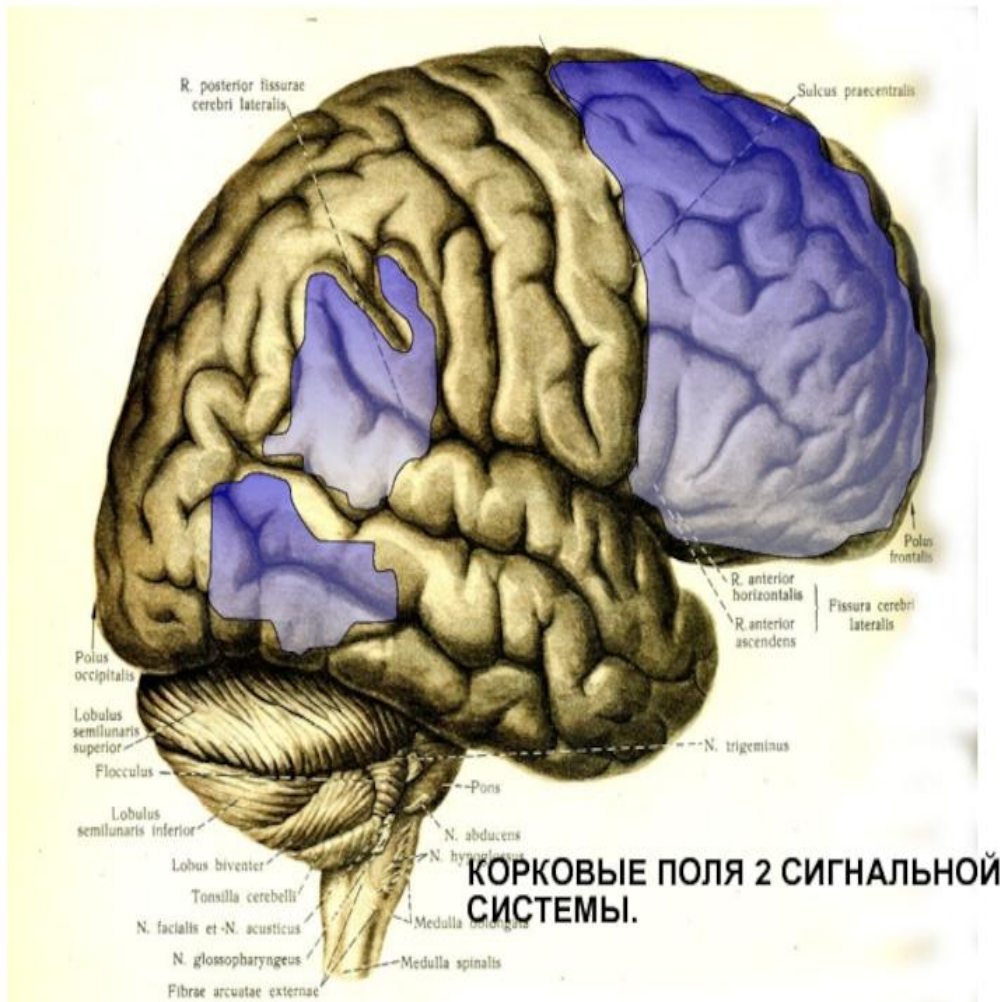
**ФИЗИОЛОГИЯ**

**СИНТЕЗ-**

**АНАЛИЗАТОРНЫХ**

**СИСТЕМ.**

• **Часть 1**

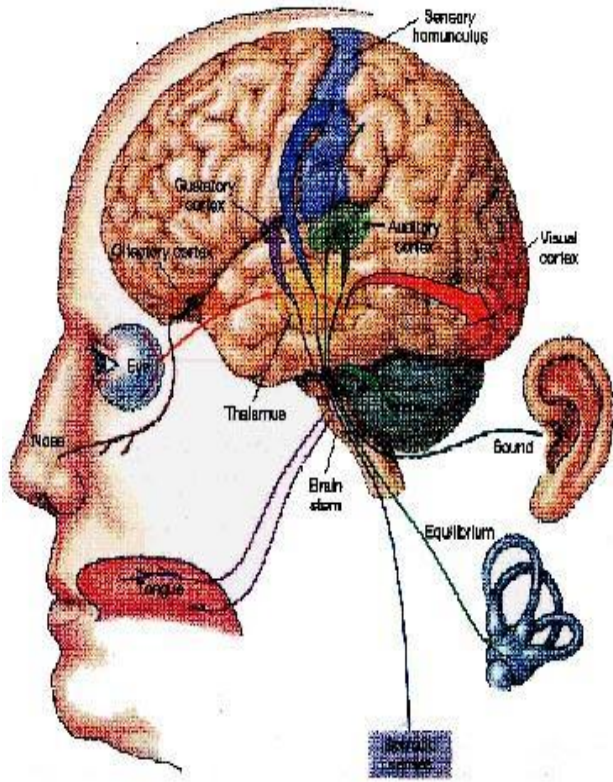


# План лекции

- . Понятие о синтез-анализаторных системах (САС);
- . Классификация САС, отделы и общие принципы строения;
- . Периферический отдел САС. Механизм генерации рецепторного потенциала и потенциала действия;
- . Принцип кодирования информации. Обработка информации на разных уровнях САС.

# Синтез-анализаторные системы (САС)

Это совокупность  
центральных и  
периферических  
образований,  
обеспечивающих:



- - восприятие сигналов внешней и внутренней среды;
- - передачу их в ЦНС (кору больших полушарий);
- - обработку информации.

Термин **«анализатор»** был сформулирован академиком И.П. Павловым, который традиционное учение об органах чувств преобразовал в учение об анализаторах как целостных “приборах”, осуществляющих постоянный анализ сигналов внешней и внутренней среды.

По инициативе зав. кафедрой нормальной физиологии профессора Г.Г. Мусалова (1964-2013), на нашей кафедре используется термин **«синтез-анализаторная система» (САС)**, который отражает 2 стороны процесса обработки информации: анализ и синтез.

# КЛАССИФИКАЦИЯ САС

## 1. Внешние анализаторы -

воспринимают и анализируют сигналы внешней среды. К ним относятся – зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой, тактильный и температурный САС.

## 2. Внутренние (висцеральные) анализаторы –

воспринимают и анализируют изменения внутренней среды организма.

Информация, идущая из внутренней среды, играет важную роль в регуляции функций внутренних органов, обеспечивает постоянство показателей внутренней среды организма.

Изменение некоторых констант внутренней среды – снижение содержания воды, питательных веществ, повышение уровня половых гормонов вызывают эмоционально окрашенные ощущения (жажда, голод, половое влечение).

### 3. Анализаторы положения тела – (вестибулярный и двигательный) -

воспринимают и анализируют изменения положения тела в пространстве и частей тела относительно друг друга.

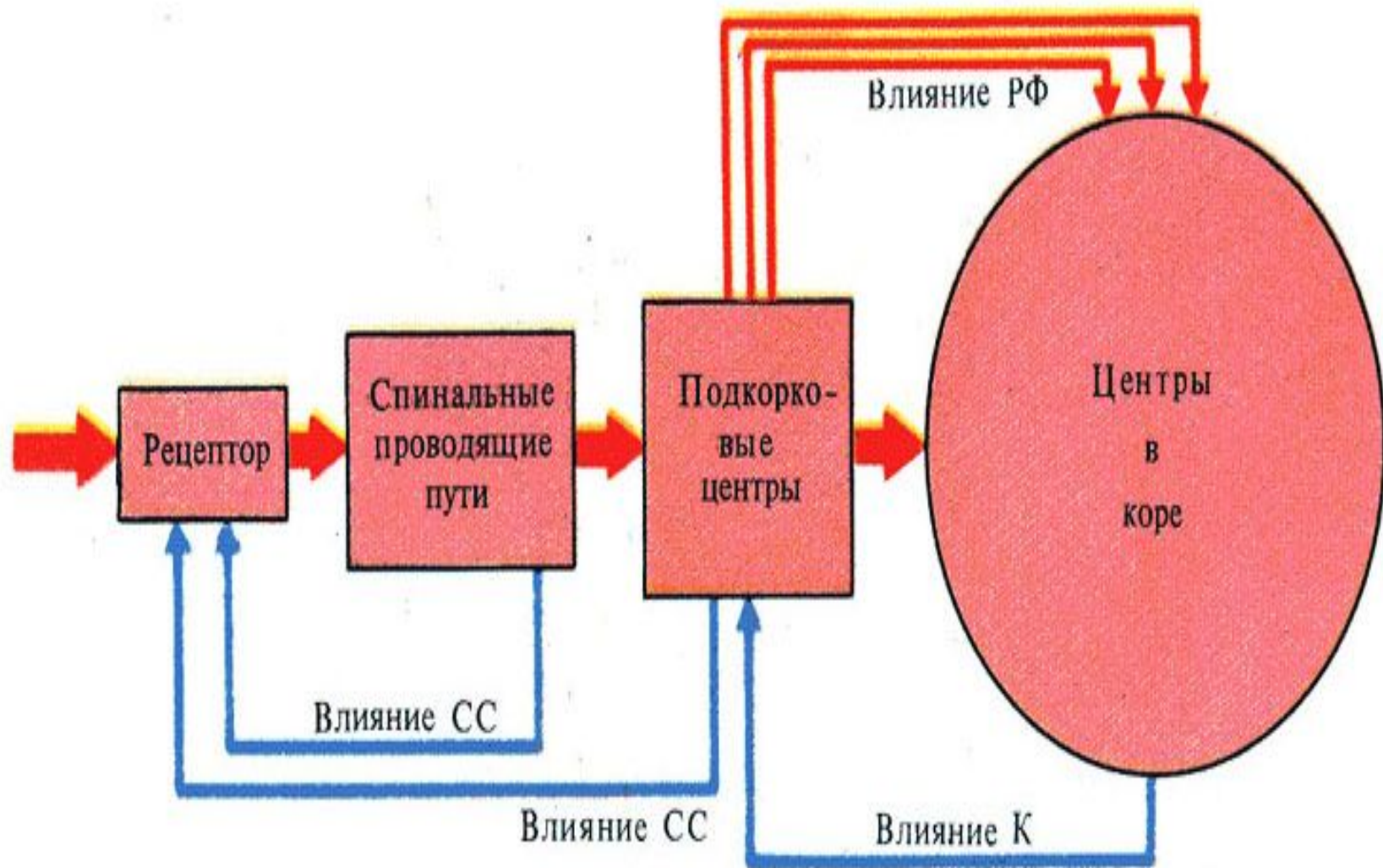
### 4. Болевой анализатор –

информирует организм о повреждающих действиях. Ощущение боли может возникать при раздражении как экстеро-, так и интерорецепторов.

# ОТДЕЛЫ САС:

1. **Периферический** (рецепторный) – осуществляет восприятие энергии раздражителя и трансформацию её в специфический процесс возбуждения.
2. **Проводниковый** - осуществляет передачу возникшего возбуждения в кору головного мозга (представлен афферентными и промежуточными нейронами спинного и головного мозга).
3. **Центральный** (корковый) – осуществляет высшие процессы анализа и синтеза возбуждений (представлен соответствующими зонами коры головного мозга).





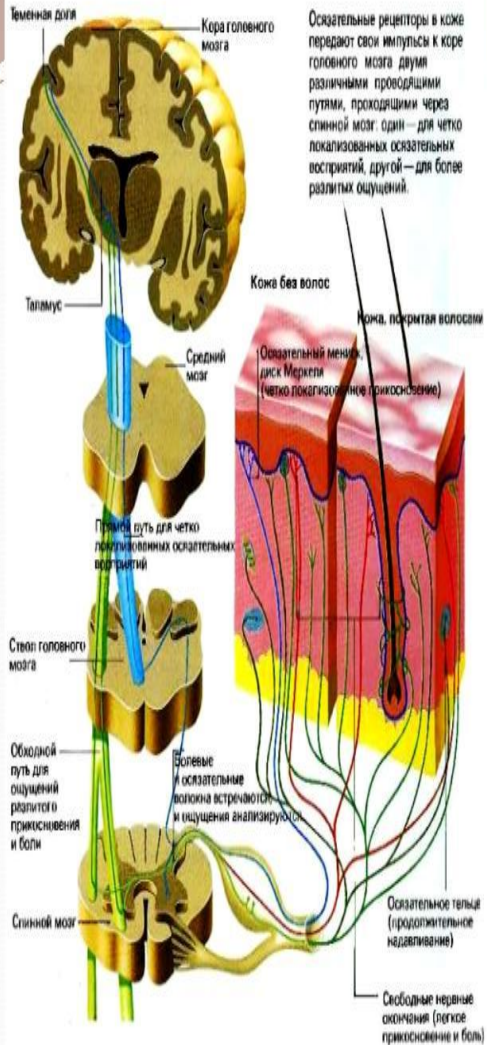
# Этапы деятельности САС



# ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СТРОЕНИЯ САС

## 1. Многослойность - т.е. наличие

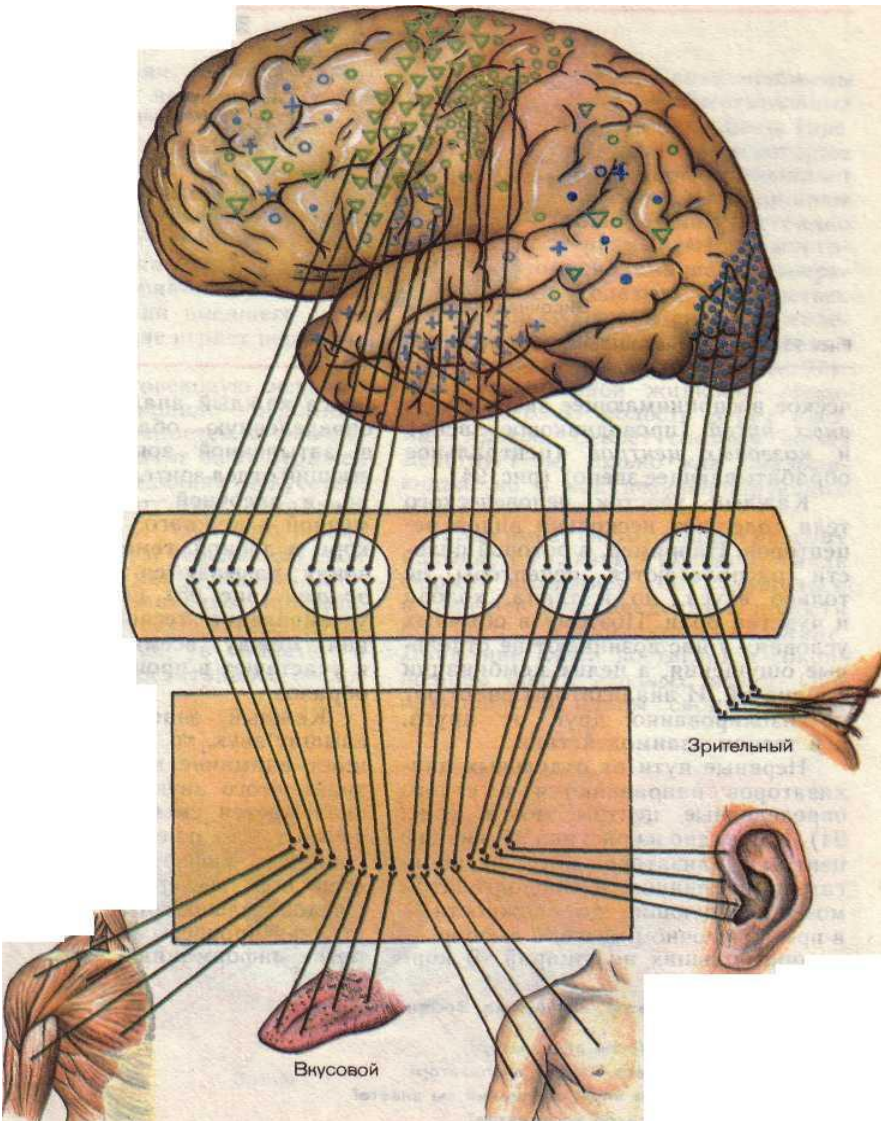
нескольких слоев нервных клеток, первый из которых связан с рецепторами, а последний – с нейронами коры б.п. Это дает возможность специализировать нейронные слои на переработке разных видов сенсорной информации, а также позволяет организму быстро реагировать на простые сигналы, анализируемые уже на первых уровнях.





## 2. Многоканальность - т.е. наличие в каждом слое множества нервных клеток, связанных с множеством клеток следующего слоя.

Параллельные каналы передачи и обработки информации обеспечивают точность, детальность анализа сигналов и большую надежность.



### 3. «Сенсорные воронки» -

разное число элементов в соседних слоях.

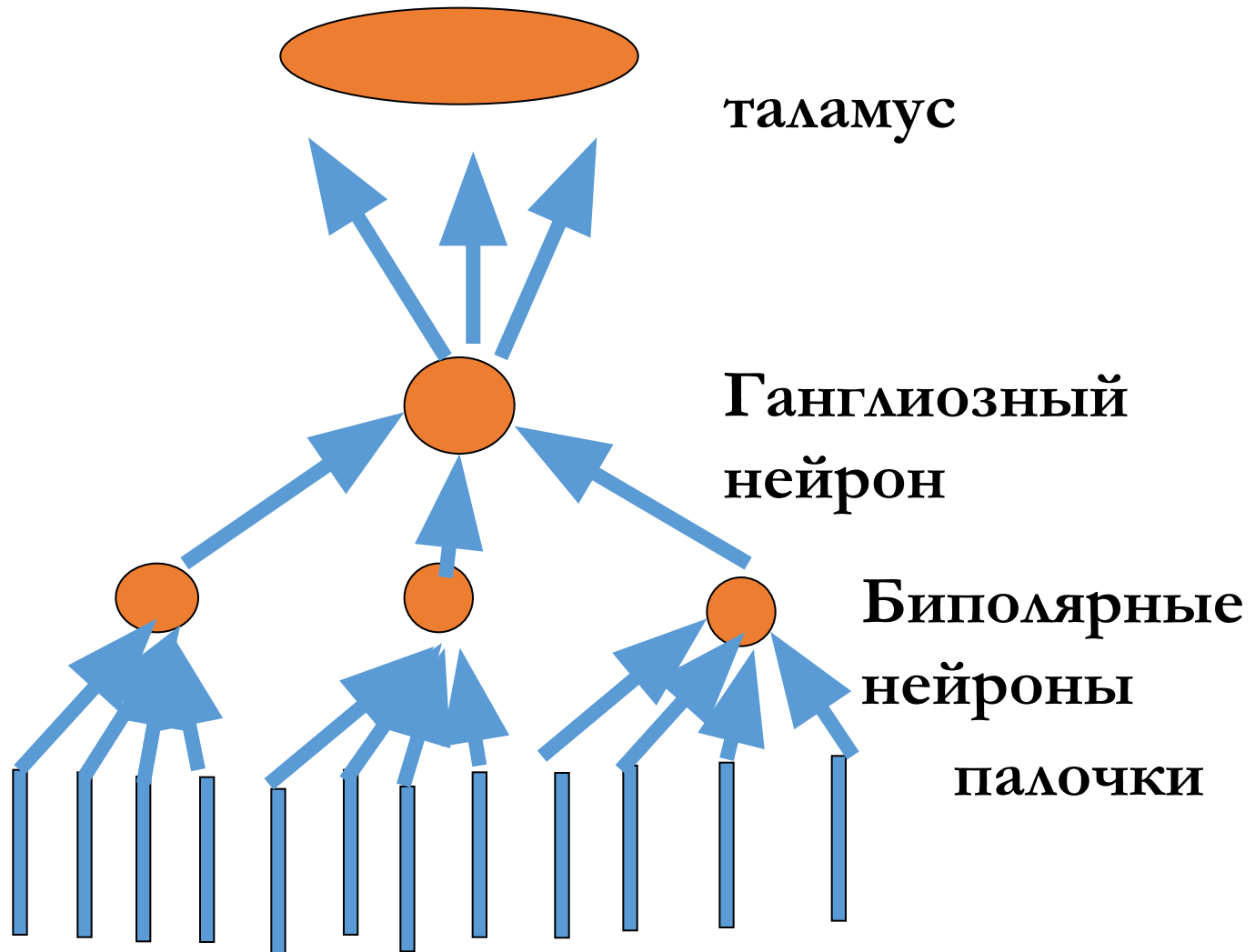
«Суживающаяся воронка» –

уменьшение элементов последующего слоя, а «расширяющаяся воронка» – увеличение.

Физиологический смысл «суживающейся воронки» — в уменьшении избыточности информации,

а «расширяющейся» – в обеспечении дробного и сложного анализа разных признаков сигнала.

# Сенсорные воронки



## 4. Дифференциация по вертикали и горизонтали.

- **По вертикали** – образование отделов, состоящих из нескольких нейронных слоев и осуществляющих определенную функцию.
- **По горизонтали** - различные свойства рецепторов, нейронов и связей между ними в пределах каждого из слоев.

- Основные функции сенсорной системы:

1. обнаружение сигналов;
2. различение;
3. передача и преобразование;
4. кодирование;
5. детектирование признаков;
6. опознавание образов.



- **Обнаружение сигналов -**

начинается в рецепторе, который является преобразователем внешних стимулов в информационную систему кодируемых нервных импульсов.

- **Рецептор** – это специализированная структура (клетка или окончание афферентного нейрона), которая в процессе эволюции приспособилась к восприятию раздражителя внутренней и внешней среды путем преобразования энергии стимула (раздражителя) в изменение проницаемости своей мембраны.

# КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЦЕПТОРОВ

## 1. По расположению:

- 1. Экстерорецепторы - воспринимают сигналы внешней среды (зрительные, слуховые, обонятельные и др.);
- 2. Интерорецепторы - воспринимают сигналы внутренней среды.  
К ним относят:
  - висцеральные рецепторы
  - вестибулорецепторы
  - проприорецепторы.

2. В зависимости от вида раздражителя, который воспринимают рецепторы, различают:

• Механо-

рецепторы:

воспринимают механические раздражения

• Фото-

рецепторы:

воспринимают кванты световой энергии

• Терморепцепторы:

воспринимают температурные раздражения

• Хеморецепторы:

воспринимают химические раздражения

• Фонорецепторы:

реагируют на звук

### 3. По степени специфичности:

- Мономодальные (моносенсорные) – способные воспринимать один определенный раздражитель (фоторецепторы - свет; фонорецепторы

–  
звук и т.д.)

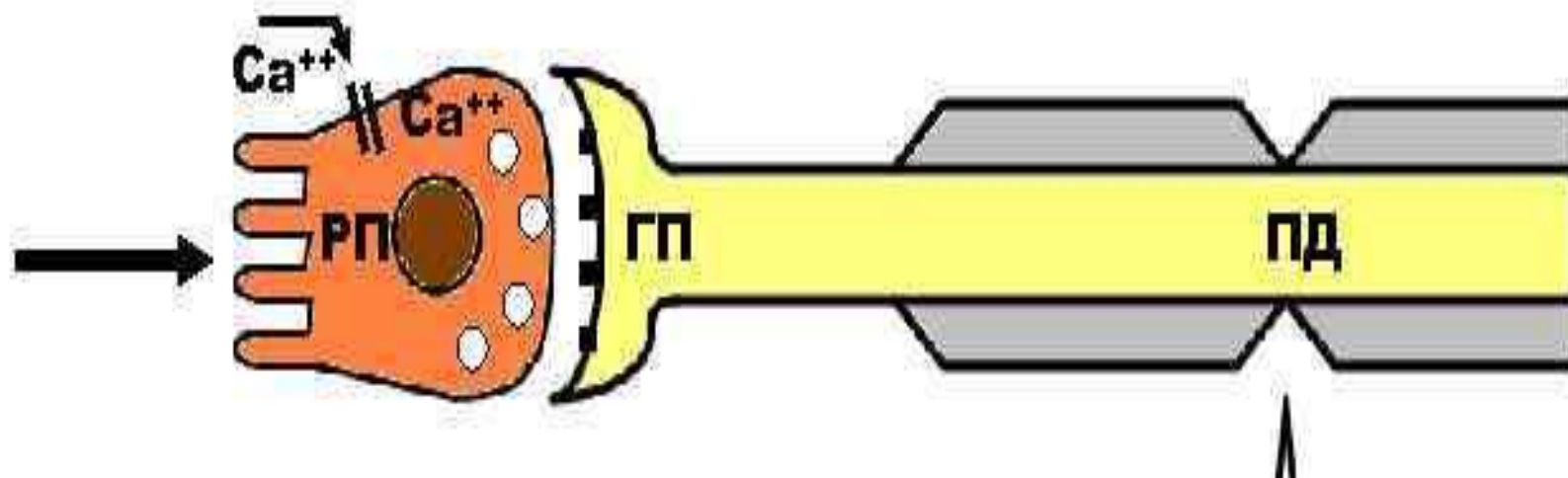
- Полимодальные (полисенсорные) – способные реагировать на два или несколько раздражителей (например, болевые рецепторы – ноцицепторы, реагируют на механические, химические и температурные

#### 4. По структурно-функциональной организации:

- Первичные (рецепторами являются чувствительные окончания самого афферентного нейрона);
- Вторичные (рецепторами являются специализированные клетки: зрительные, слуховые, вкусовые, вестибулярные. Их возбуждение вторично передается на афферентный нейрон.

# ВТОРИЧНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ

- Вторичный рецептор – имеет специальную рецепторную клетку, которая синаптически связана с чувствительным нервным окончанием.
- К вторичным рецепторам относятся 4 рецептора: зрительный, слуховой, вестибулярный и вкусовой.
- МЕХАНИЗМ ВОЗБУЖДЕНИЯ:



## *5. По взаиморасположению раздражителя и рецептора:*

- **дистантные** – воспринимают раздражитель на расстоянии (зрение, слух, обоняние);
- **контактные** – реагируют при непосредственном контакте с раздражителем (вкус).

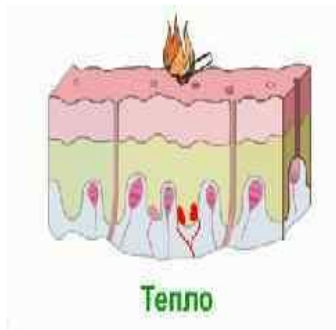
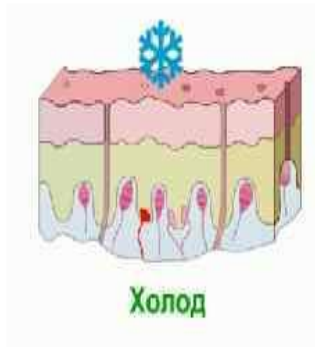
## *6. По степени адаптации:*

- быстроадаптирующиеся (тактильные);
- медленноадаптирующиеся (температурные);
- практически неадаптирующиеся (вестибулярные и проприорецепторы).

# 7. По характеру ощущений:

- слуховые;
- зрительные;
- обонятельные;
- осязания;
- болевые;
- температурные.

Рецепторы  
осязания





# ФОРМИРОВАНИЕ РЕЦЕПТОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА

- Процесс преобразования энергии стимула (сигнала) в изменение проницаемости мембраны с последующим формированием рецепторного потенциала мембраны получил название **трансдукции**.

**Включает в себя 3 основных этапа:**

1. взаимодействие стимула с рецепторным белком, находящимся в мембране рецепторной клетки;
2. внутриклеточные процессы усиления и передачи сенсорного стимула в пределах рецепторной клетки;
3. активация ионных каналов мембраны, через которые начинает течь ионный ток, что, как правило, приводит к деполяризации клеточной мембраны рецепторной клетки (возникает рецепторный потенциал). В фоторецепторах, наоборот, возникает гиперполяризация.

# Механизм возникновения возбуждения в первичночувствующих рецепторах

**I этап** - специфическое взаимодействие раздражителя с мембраной рецептора;

**II этап** - возникновение рецепторного потенциала в месте взаимодействия раздражителя с рецептором;

**III этап** -- электротоническое распространение рецепторного потенциала к аксону нейрона;

**IV этап** - генерация потенциала действия;

**V этап** - проведение потенциала действия по нервному волокну в ортодромном направлении.

# Механизм возникновения возбуждения во вторичночувствующих рецепторах

**I – III этапы** – совпадают с такими же этапами в первичночувствующих рецепторах, но протекают они в специализированной рецепторной и заканчиваются на её пресинаптической мембране;

**IV этап** – выделение медиатора пресинаптическими структурами рецепторной клетки;

**V этап** - возникновение генераторного потенциала на постсинаптической мембране нервного волокна;

**VI этап** – электротоническое распространение генераторного потенциала по нервному волокну;

**VII этап** - генерация потенциала действия (ПД) электрогенными участками нервного волокна;

**VIII этап** – проведение ПД по нервному волокну в ортодромном направлении.

## 2.2. Проводниковый отдел сенсорных систем и его функции

- частичная переработка информации
- проведение возбуждения от рецепторов в мозг:

### 1) **специфический проекционный путь**

- от рецептора по специфическим путям с переключением на различных уровнях ЦНС

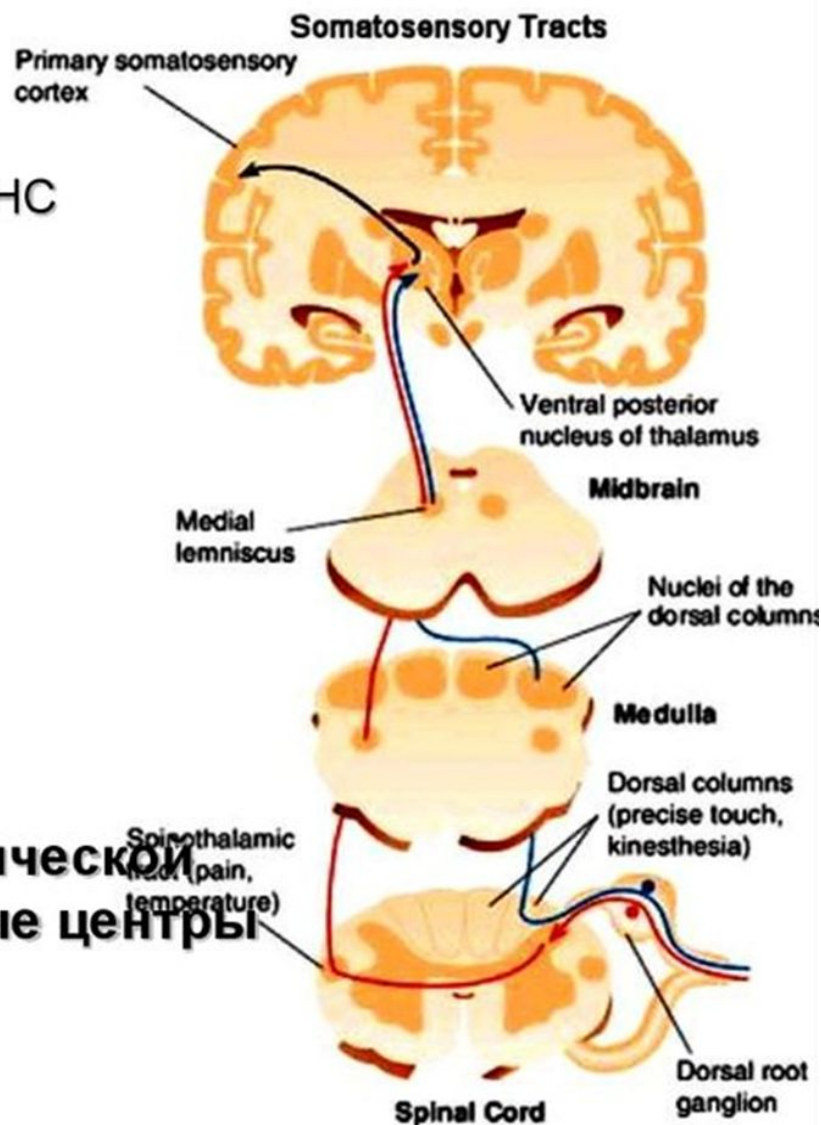
### 2) **неспецифический путь** включает

- **ретикулярную формацию (РФ)**

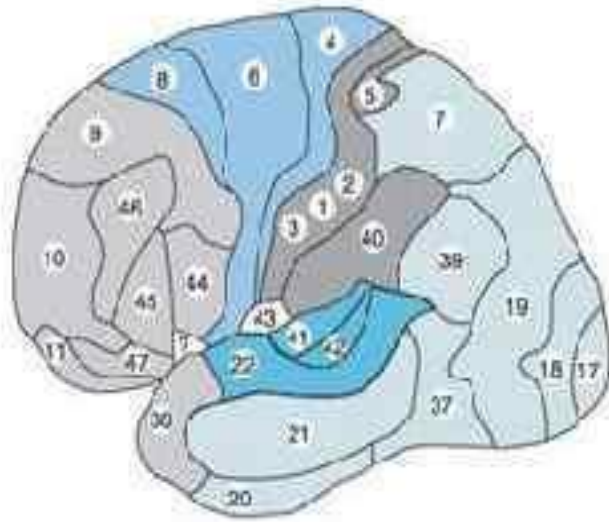
- к РФ конвергируют аффер. возбуждения от других анализаторов
- афферентные возбуждения теряют специфические свойства (сенсорную модальность)

- **гипоталамус и другие отделы лимбической системы мозга, а также двигательные центры** (за счет коллатералей)

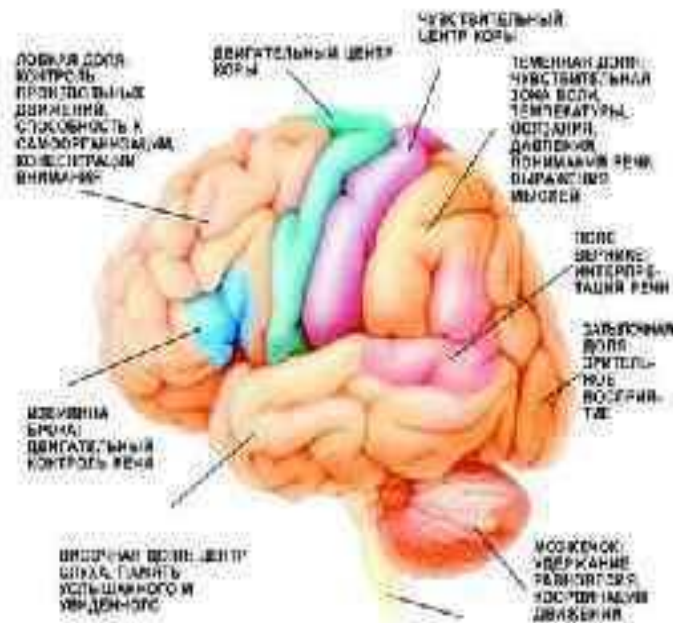
- вегетат., эмоц. и двигат. компоненты сенсорных реакций.







**Центральный** или **корковый отдел анализаторов** представлен **первичными проекционными зонами**, в которых возникает представление о модальности сигнала, т.е. его силе и качестве. Они окружены **вторичными ассоциативными полями** коры, где происходит идентификация и классификация сигнала, т.е. определение «что это такое?». Активация первичных проекционных зон происходит по специфическим путям, тогда как ассоциативных – по неспецифическим и внутренним ассоциативным волокнам.



# Общие свойства САС

- Высокая чувствительность к адекватному раздражителю;
- Способность к адаптации;
- Инерционность (медленное возникновение и медленное исчезновение ощущений);
- Доминантные взаимодействия анализаторов: один анализатор может подавлять возбуждение в другом.
- Одинаковый принцип кодирования информации (принцип двоичного кода).

# Различение сигналов -

это способность замечать различия в свойствах одновременно или последовательно действующих раздражителей. Характеризует то минимальное различие между стимулами, которое сенсорная система может заметить (дифференциальный, или разностный порог). Различение начинается в рецепторах, но в нем участвуют нейроны всей сенсорной системы.

# Различение силы раздражителей

## *Закон Вебера:*

Порог различения интенсивности раздражителя практически всегда выше ранее действовавшего раздражения на определенную долю.

Так, усиление давления на кожу руки ощущается, если увеличить груз на 3 %. К 100 г добавить 3 г, к 200 г – 6 г, к 600 г – 18 г и т.д.

Эта зависимость ощущения от силы раздражения выражается формулой:

$$d I / I = \text{const}$$

где  $I$  – сила раздражения,  $d I$  – ощущаемый прирост (порог различения),  $\text{const}$  – постоянная величина.



# Закон Вебера-Фехнера

Однако спонтанная активность сенсорной системы существенно влияет на абсолютный порог особенно при малых и очень сильных воздействиях. Соответственно, справедливость закона Вебера имеет ограничения.

Фехнер обнаружил, что интенсивность ощущения растет не линейно (как у Вебера), а логарифмически:

$$E = a \log I + b,$$

где  $E$  – величина ощущения,  $I$  – сила раздражения,  $a$  и  $b$  – константы.

• Эта формула описывает психофизический закон Фехнера более известный как закон Вебера-Фехнера – ощущение раздражения увеличивается пропорционально логарифму раздражения.

# Пространственное различение

Основано на распределении возбуждения в слое рецепторов и в нейронных слоях. Если 2 раздражителя возбудили 2 соседних рецептора, то различение этих раздражителей невозможно, и они будут восприняты как единое целое.

Необходимо, чтобы между двумя возбужденными рецепторами находился хотя бы один – невозбужденный.

# Кодирование информации

- Информации в САС кодируется в условную форму – двоичный код - наличием или отсутствием электрического импульса в тот или иной момент времени. Такой способ прост и устойчив к помехам.
- Сигналы о раздражении, его параметрах передается в виде отдельных импульсов, групп или «пачек» импульсов («залпов» импульсов). Амплитуда, длительность и форма каждого импульса одинаковы. Но число импульсов в пачке, частота их следования, длительность пачек и интервалов между ними, «временной рисунок пачки», различны и зависят от характеристик стимула.

# Особенности кодирования информации в САС

- В сенсорных системах, в отличие от телефонных или телевизионных - нет декодирования. Для одного и того же сигнала используется несколько кодов: частотой и числом импульсов в пачке, числом возбужденных нейронов и их локализацией в слое.
- В коре б.п. осуществляется позиционное кодирование. Определенный признак раздражителя вызывает возбуждение нейрона или небольшой группы нейронов в определенном месте нейронного слоя. Для периферических отделов - типично временное кодирование признаков раздражителя, а на высших уровнях — переход к преимущественно пространственному (позиционному) кодированию.

# Детектирование сигналов -

это избирательное выделение сенсорным нейроном того или иного признака раздражителя. Такой анализ осуществляют нейроны-детекторы, избирательно реагирующие на определенные параметры стимула. Например, ответ нейрона зрительной области коры на определенную ориентацию темной или светлой полосы, расположенной в определенной части поля зрения. В высших отделах сенсорных систем сконцентрированы детекторы сложных признаков и целых образов.

# Опознание образов -

является конечной и наиболее сложной операцией сенсорной системы. Синтезируя сигналы от нейронов-детекторов, высший отдел сенсорной системы формирует «образ» раздражителя и сравнивает его с множеством образов, хранящихся в памяти. Опознание завершается принятием решения о том, с каким объектом или с какой ситуацией встретился организм: чье лицо мы видим, кого слышим, какой запах чувствуем. Опознание происходит независимо от изменчивости сигнала. Т.е. сенсорная система формирует независимый от изменений ряда признаков сигнала (инвариантный) сенсорный образ.

# Адаптация сенсорной системы

Это общее свойство сенсорных систем, заключающееся в приспособлении к длительно действующему (фоновому) раздражителю. Она проявляется в снижении абсолютной и повышении дифференциальной чувствительности сенсорной системы (исключение составляет вестибуло- и проприорецепторы).

По скорости адаптации все рецепторы делятся на быстро- и медленно адаптирующиеся. Первые после развития адаптации практически не посылают в мозг информацию о длящемся раздражении.

Вторые передают информацию в значительно ослабленном виде. Если действие раздражителя прекращается, то чувствительность рецептора восстанавливается.

# Взаимодействие сенсорных систем

Осуществляется на спинальном, ретикулярном, таламическом и корковом уровнях. Особенно широка интеграция сигналов в ретикулярной формации. В коре больших полушарий происходит интеграция сигналов высшего порядка. Межсенсорное (кросс-модальное) взаимодействие на корковом уровне создает условия для формирования «схемы (карты) мира» и непрерывной увязки, координации с ней собственной «схемы тела» организма.



Спасибо за внимание!

