

# **ОБЩИЕ СВОЙСТВА СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ**

## **БОЛЕВАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА**

к.б.н., ст.преп.

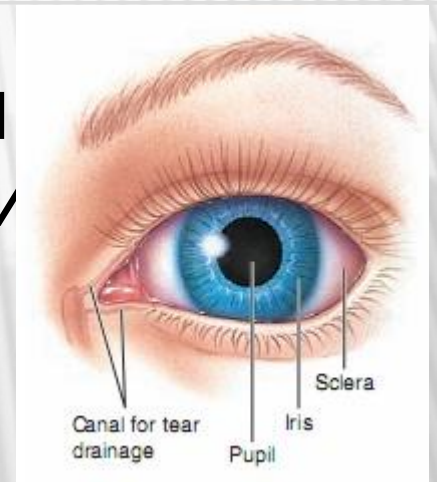
Лезарева Т. А.

---

▣ ***Сенсорной системой***

(лат. **sensus** - чувство) называют часть нервной системы, воспринимающую внешнюю для мозга информацию, передающую ее в мозг и анализирующую ее.

□ **Орган чувств** – анатомически обособленный периферически отдел некоторых сенсорных систем (глаз, ухо и т.п.).

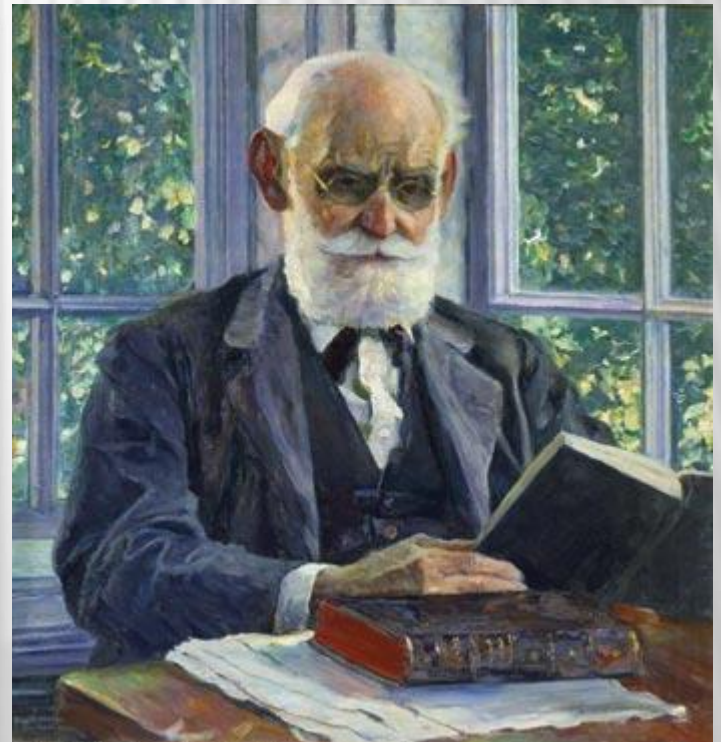


□ **Анализатор** – совокупность центральных и периферических образований, воспринимающих изменения внешней и внутренней среды, и обеспечивающих возникновение ощущений.

---

По И. П. Павлову, анализатор –  
трехкомпонентная система:

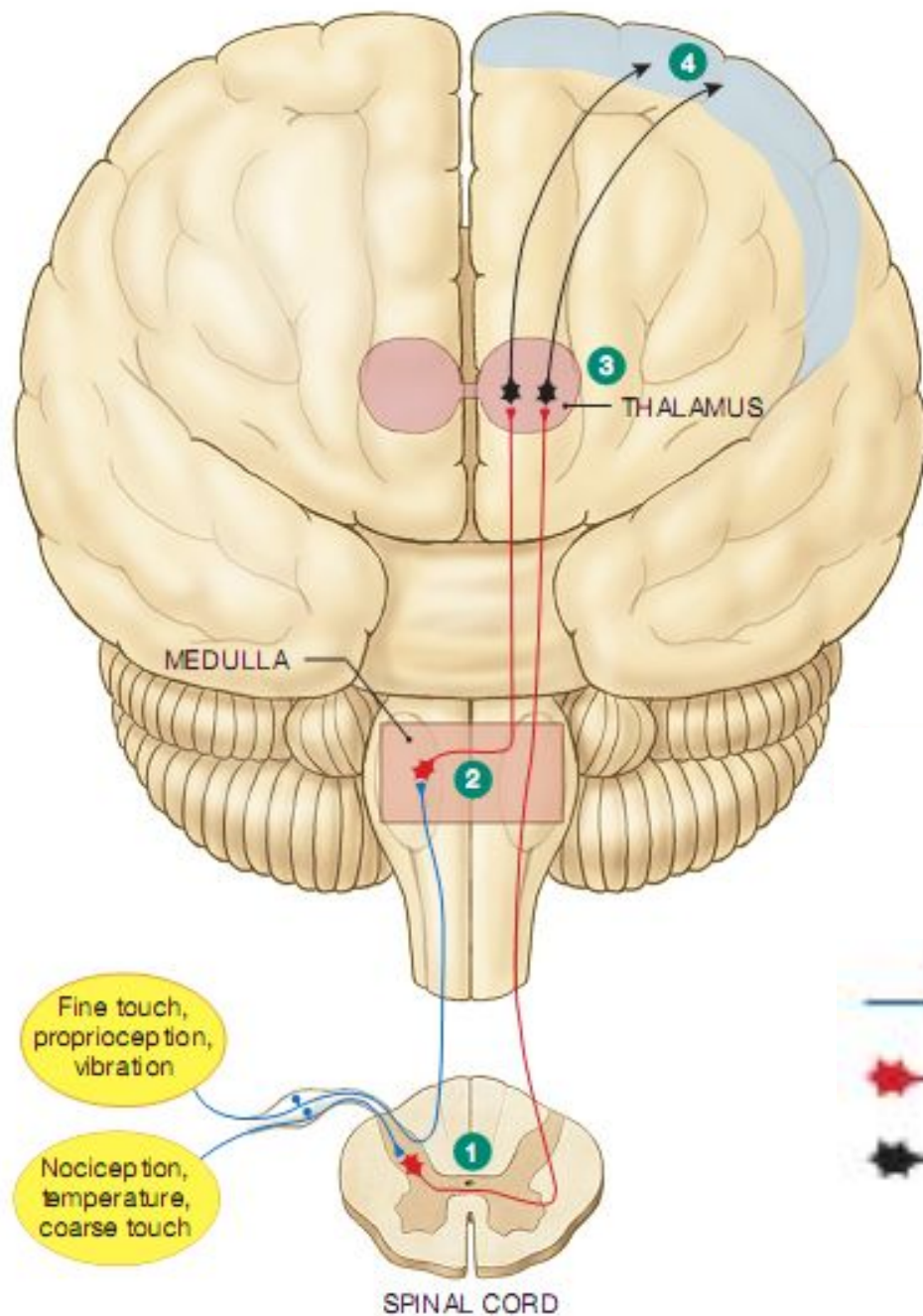
- ▣ периферический отдел;
- ▣ проводниковый отдел;
- ▣ центральный отдел.



□ По современным представлениям, сенсорная система состоит из 5 компонентов:

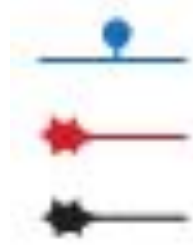
- 1) воспринимающее звено (рецепторы и вспомогательные структуры);
- 2) проводниковое звено (проводящие пути);
- 3) переключательные ядра;
- 4) первичные проекционные области коры;
- 5) вторичная сенсорная кора.

+ в работе сенсорной системы большое значение имеют механизмы обратной связи



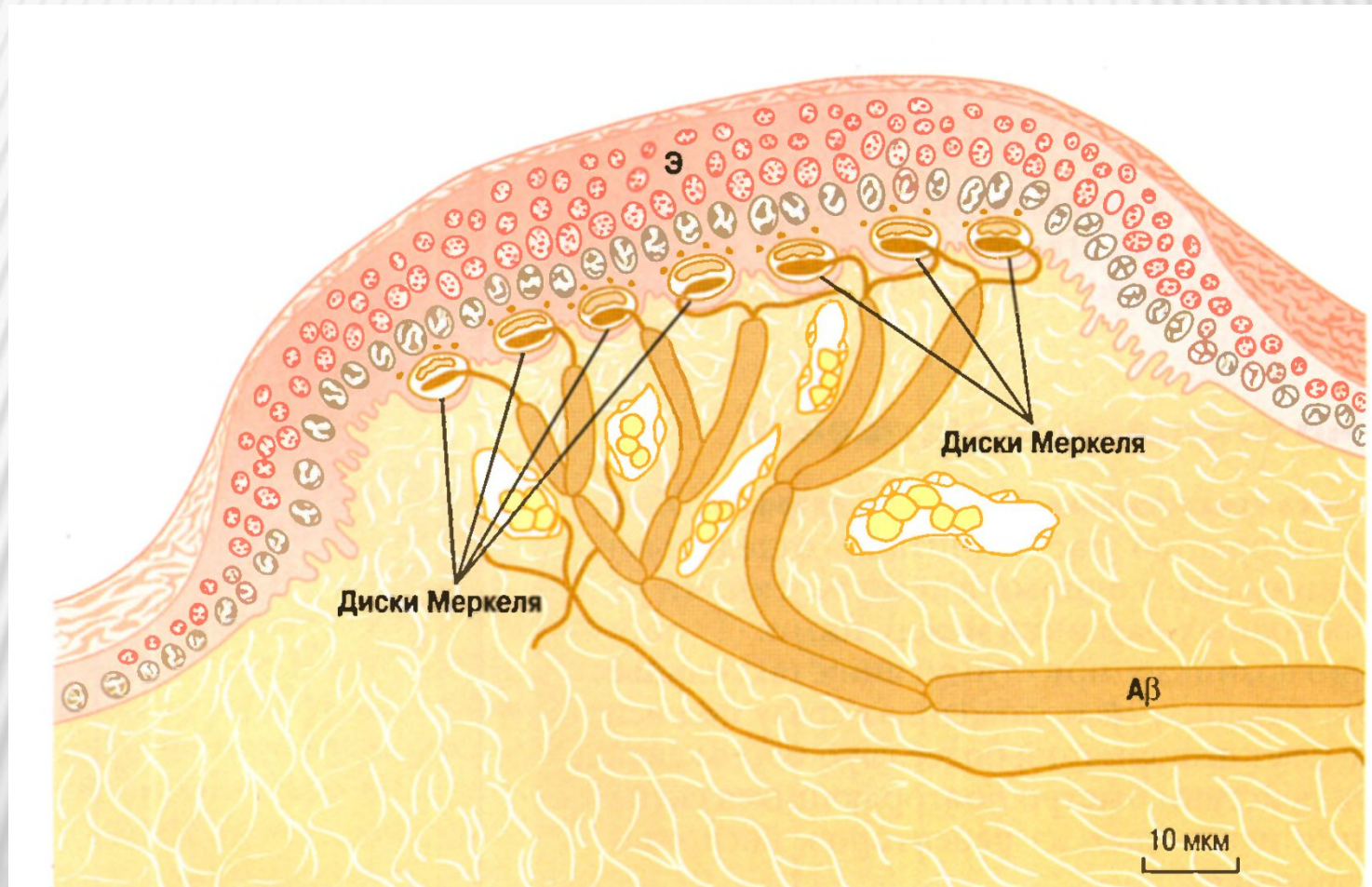
Fine touch,  
proprioception,  
vibration

Nociception,  
temperature,  
coarse touch

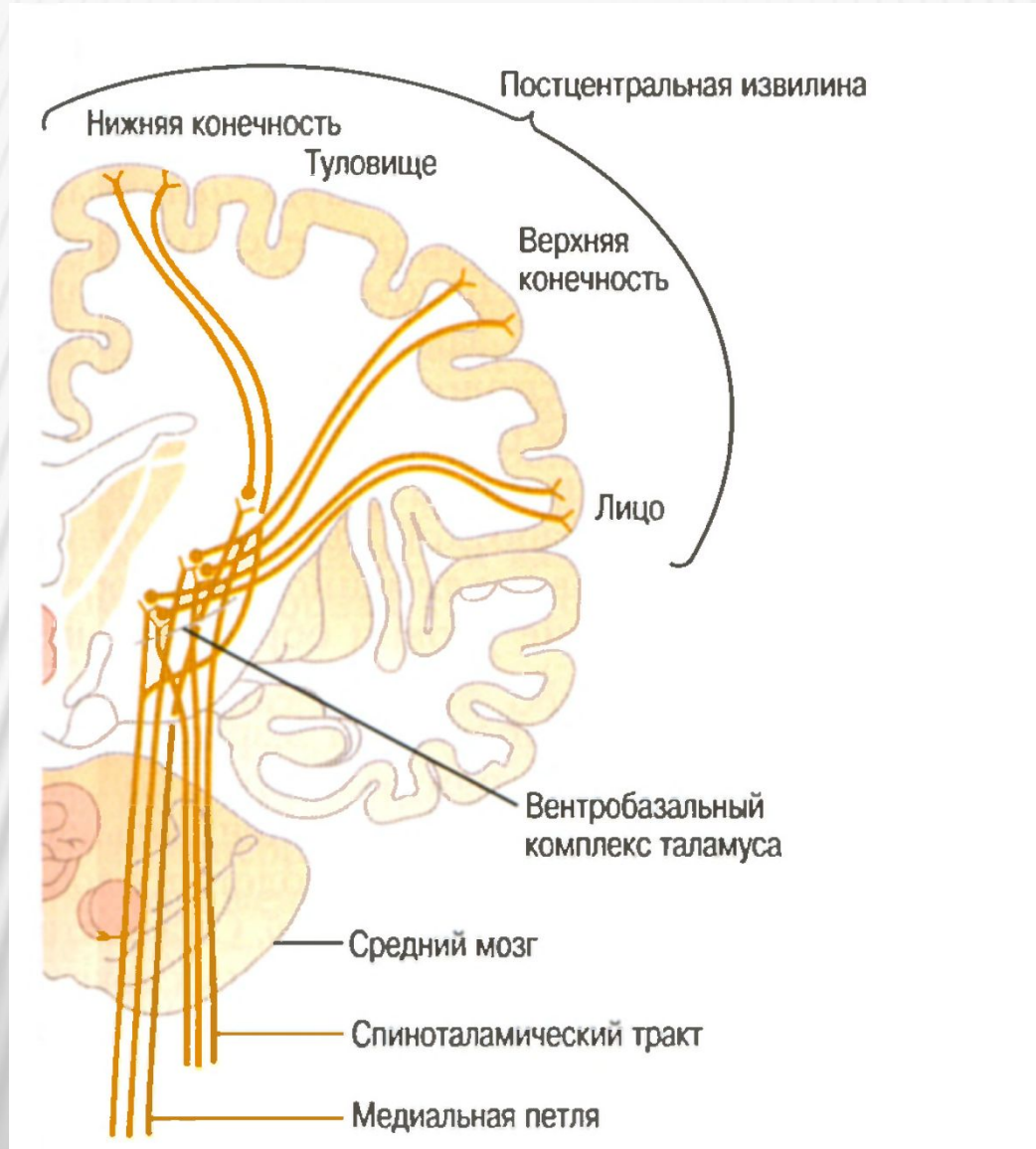


Первый  
нейрон  
Второй нейрон  
Третий нейрон

# РЕЦЕПТОРЫ СОМАТОСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

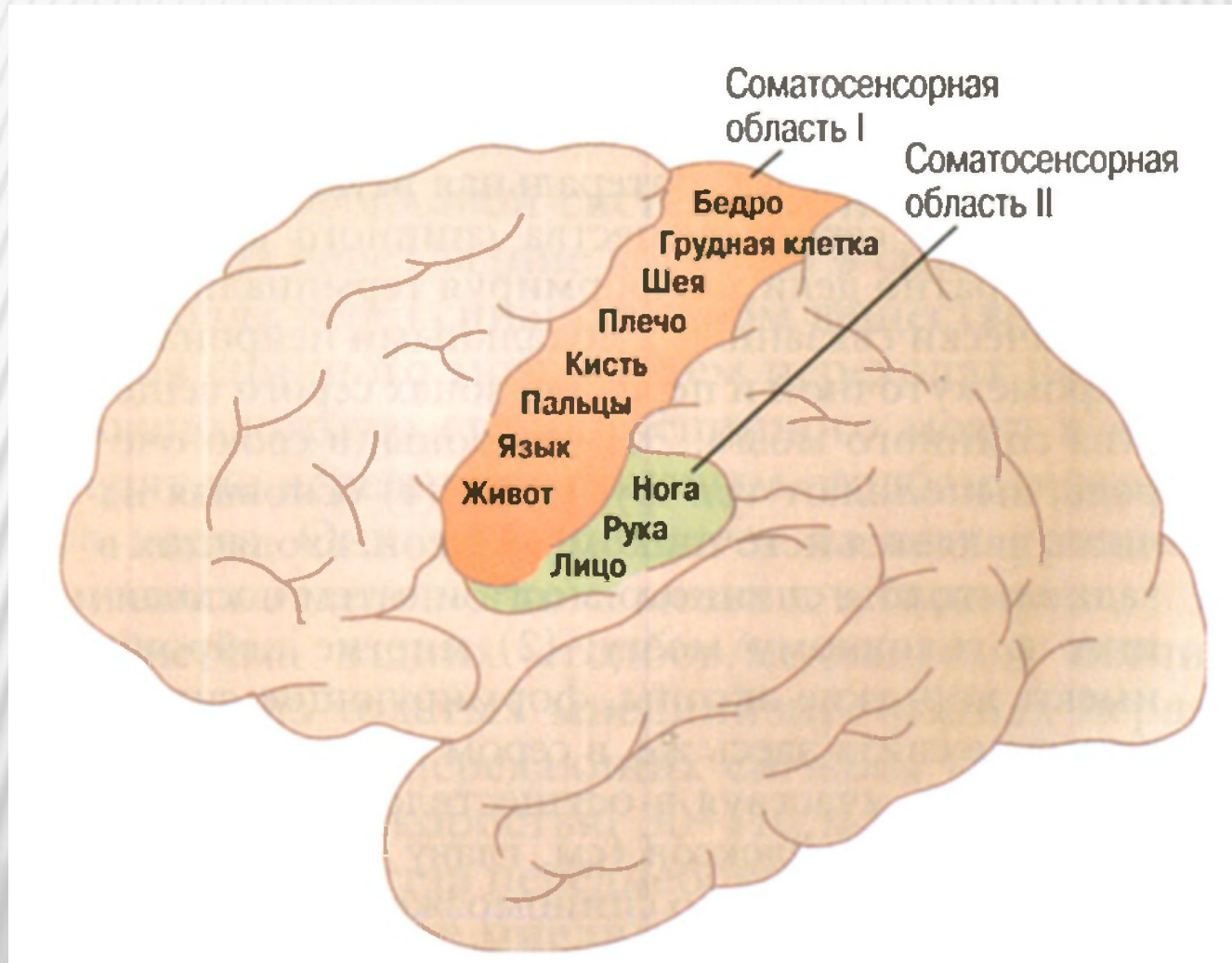


# ПРОВОДЯЩИЕ ПУТИ СОМАТОСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ





# СОМАТОСЕНСОРНЫЕ ОБЛАСТИ КОРЫ



## Выделяют 10 сенсорных систем:

- Зрительная
- Слуховая.
- Вестибулярная.
- Обонятельная.
- Вкусовая.
- Осязательная.
- Кинестетическая.
- Висцеральная.
- Температурная.
- Болевая.

---

...которые обеспечивают:

- 1) формирование ощущений и восприятие действующих стимулов;
- 2) контроль произвольных движений и осуществление поведенческих программ;
- 3) контроль деятельности внутренних органов и поддержание гомеостаза;
- 4) поддержание необходимого уровня активности мозга.

# ОБЩИЕ СВОЙСТВА СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

---

## 1) Высокая чувствительность к адекватному раздражителю

- ▣ Абсолютный порог чувствительности – минимальная сила адекватного стимула, достаточная для генерации ПД в первичном сенсорном нейроне.

- 
- **Дифференциальный порог чувствительности** – минимальное изменение силы раздражителя, воспринимаемое в виде изменения интенсивности ощущения (Э. Вебер).

---

□ Закон Вебера:

$$\frac{dI}{I} = \textit{const}$$

$I$  – сила раздражения;

$dI$  – прирост силы раздражения;

$\textit{const}$  – постоянная величина

По мере приближения к абсолютному порогу коэффициент Вебера обычно растет

## □ 2) Вариативность интенсивности ощущений

- Закон Вебера-Фехнера – интенсивность ощущения прямо пропорциональна логарифму силы раздражения.

$$E = K \cdot \lg \frac{I}{I_0}$$

$E$  – интенсивность ощущения;

$K$  – константа;

$I$  – сила действующего раздражителя;

$I_0$  – абсолютный порог чувствительности.

**3) Инерционность** – медленное возникновение и исчезновение ощущений.

**4) Функциональная мобильность** – способность изменять количество функционирующих рецепторов.

**5) Способность к адаптации** – присуща всем отделам сенсорной системы, но особенно – рецепторам.



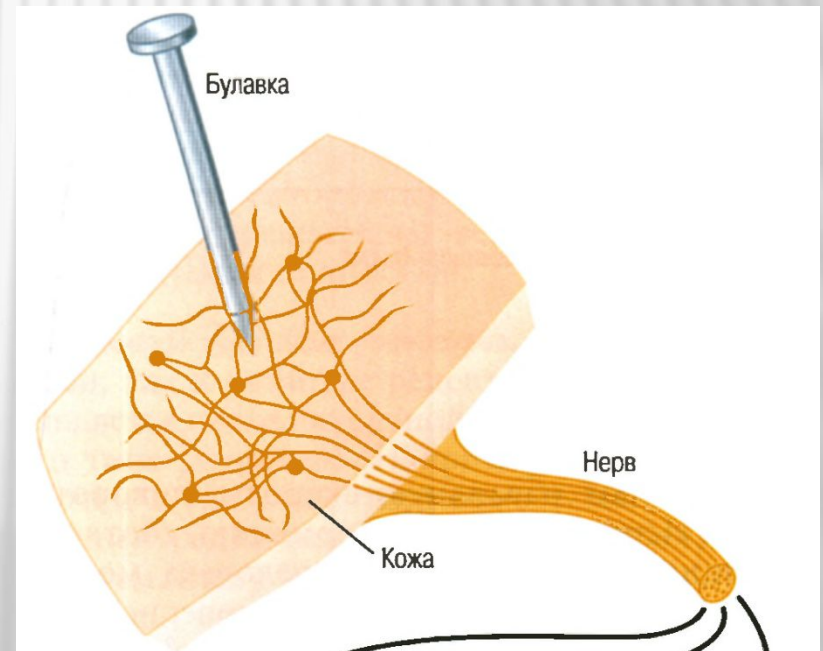
# ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ СЕНСОРНЫМИ СИСТЕМАМИ

---

- ▣ Обнаружение сигналов.
- ▣ Различение сигналов.
- ▣ Передача и преобразование сигналов.
- ▣ Кодирование поступающей информации.
- ▣ Детектирование признаков сенсорного образа.
- ▣ Оpozнание образов.

- Обнаружение и первичное различение сигналов осуществляется рецепторами

В рецепторах происходит трансформация энергии раздражителя в нервное возбуждение



---

# **КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЦЕПТОРОВ**

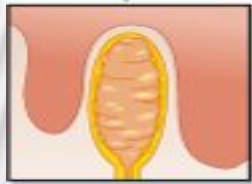
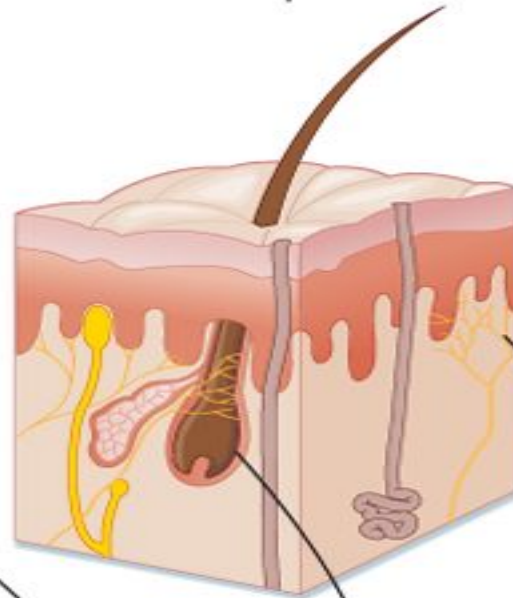
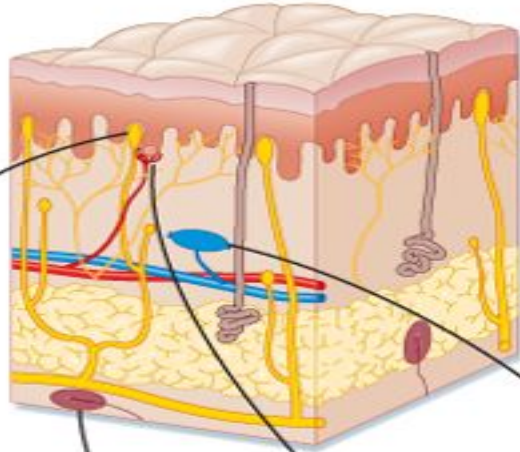
# 1) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ВОСПРИНИМАЕМОГО РАЗДРАЖИТЕЛЯ (ЕГО МОДАЛЬНОСТИ)

- механорецепторы;
- хеморецепторы;
- терморецепторы;
- фоторецепторы.

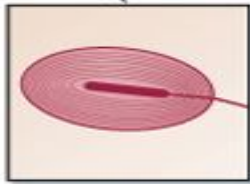
Раздражитель, к которому рецептор наиболее приспособлен, называется адекватным.

Glabrous

Hairy



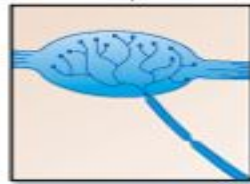
Meissner's corpuscles



Pacinian corpuscles



Merkel's disk



Ruffini endings

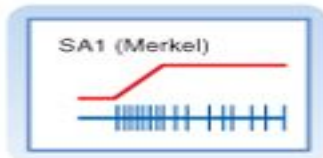
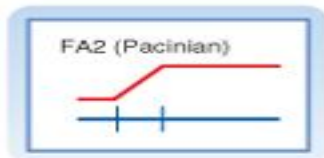


Hair



Free nerve endings

A



B

## 2) ПО ОТНОШЕНИЮ К ОДНОЙ ИЛИ НЕСКОЛЬКИМ МОДАЛЬНОСТЯМ

- **мономодальные** – возбуждаются в ответ на действие стимулов одной физической природы (фоторецепторы);
- **полиmodalные** – могут преобразовывать энергию нескольких видов раздражителей (ноцицепторы).

### 3) ПО МОДАЛЬНОСТИ (ХАРАКТЕРУ) ВОЗНИКАЮЩЕГО ОЩУЩЕНИЯ

- зрительные;
- слуховые;
- вкусовые;
- обонятельные;
- тактильные;
- терморецепторы;
- болевые рецепторы.

## 4) ПО РАСПОЛОЖЕНИЮ В ОРГАНИЗМЕ:

- экстерорецепторы (зрительные, слуховые, обонятельные, тактильные, температурные);
- интерорецепторы (проприорецепторы, висцерорецепторы; вестибулорецепторы).



## 5) ПО СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

- ▣ **первичночувствительные** – специализированные нервные окончания афферентного нейрона.

В первичном рецепторе раздражитель действует непосредственно на окончания нейрона (обонятельные, тактильные, температурные, болевые и т.д.).

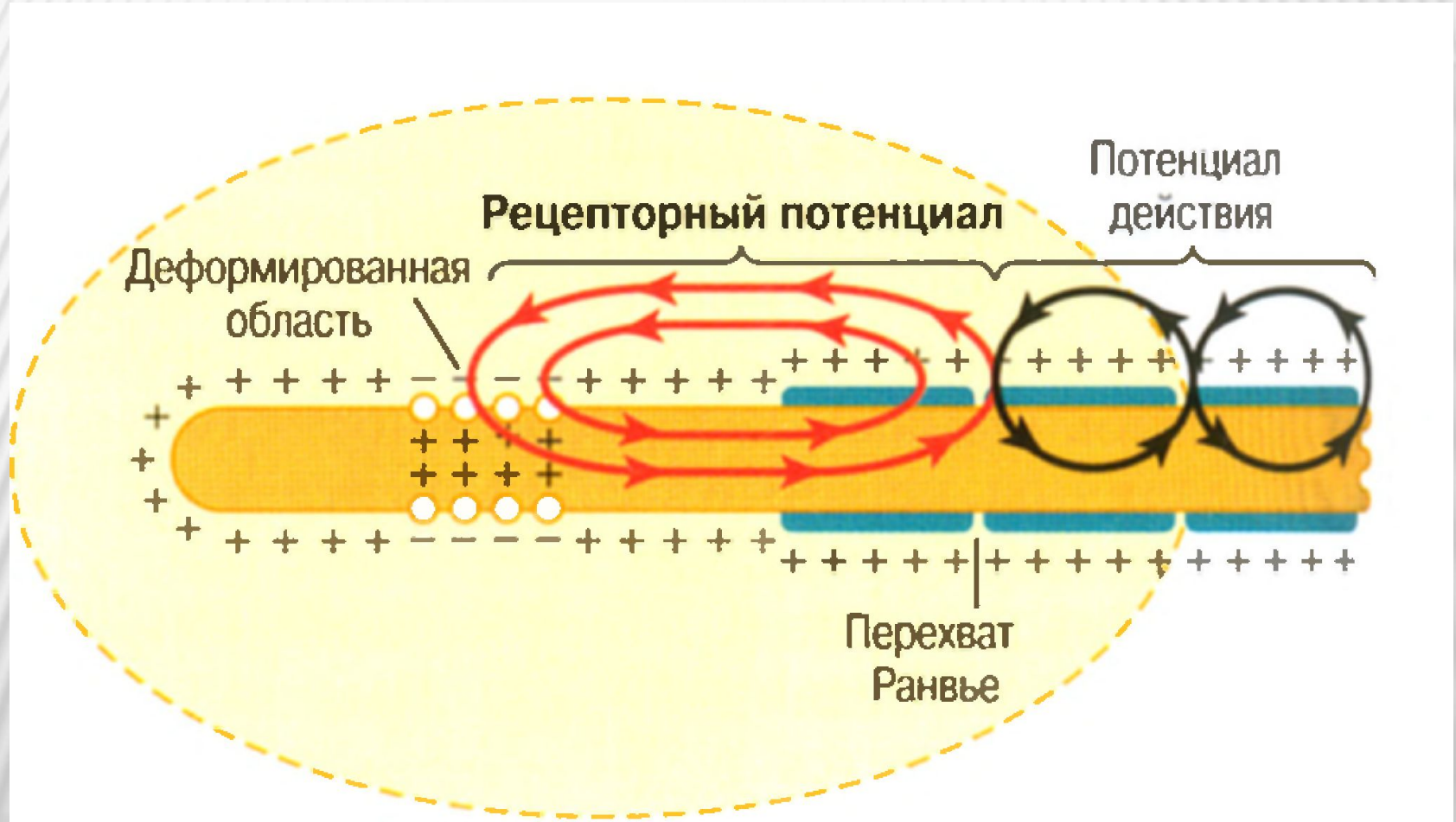
- 
- **ВТОРИЧНОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ** –  
представляют собой эпителиальные  
клетки, связанные с окончанием дендрита  
сенсорного нейрона специальным  
рецепторно-афферентным синапсом  
(фоторецептор, вкусовой рецептор).

# МЕХАНИЗМ ВОЗБУЖДЕНИЯ РЕЦЕПТОРА

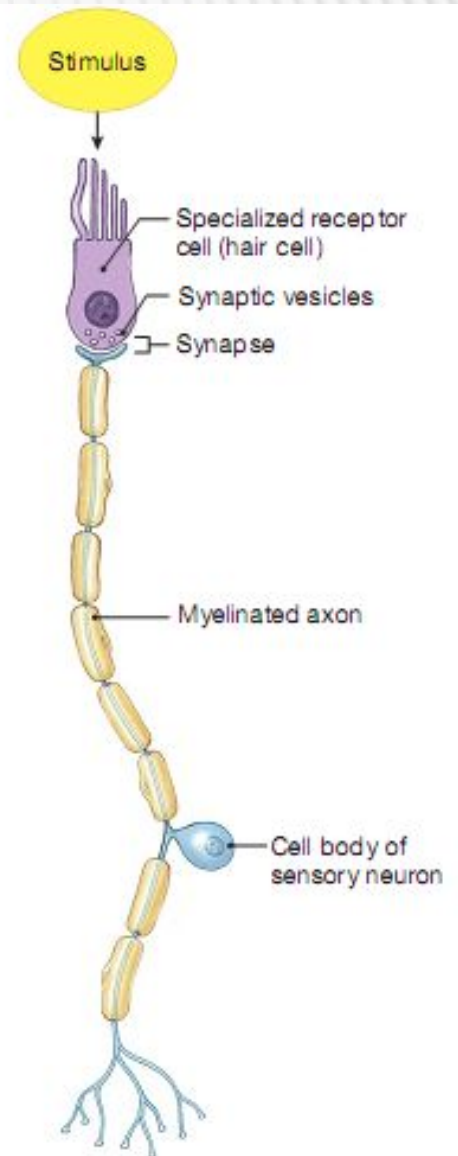
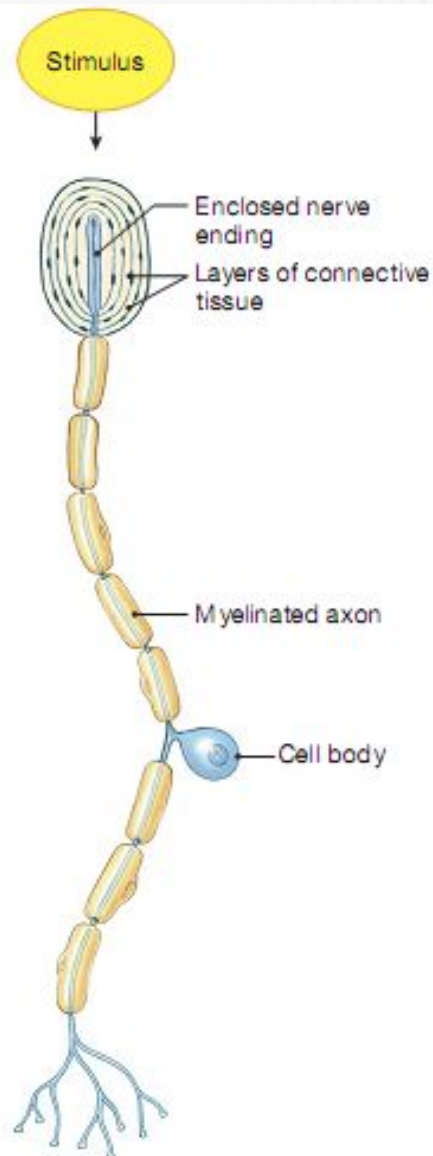
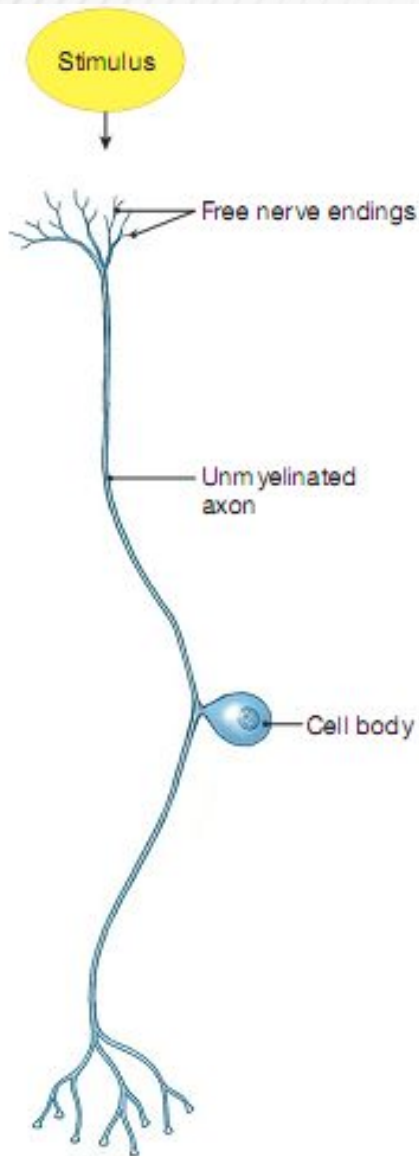
При действии стимула на рецептор –

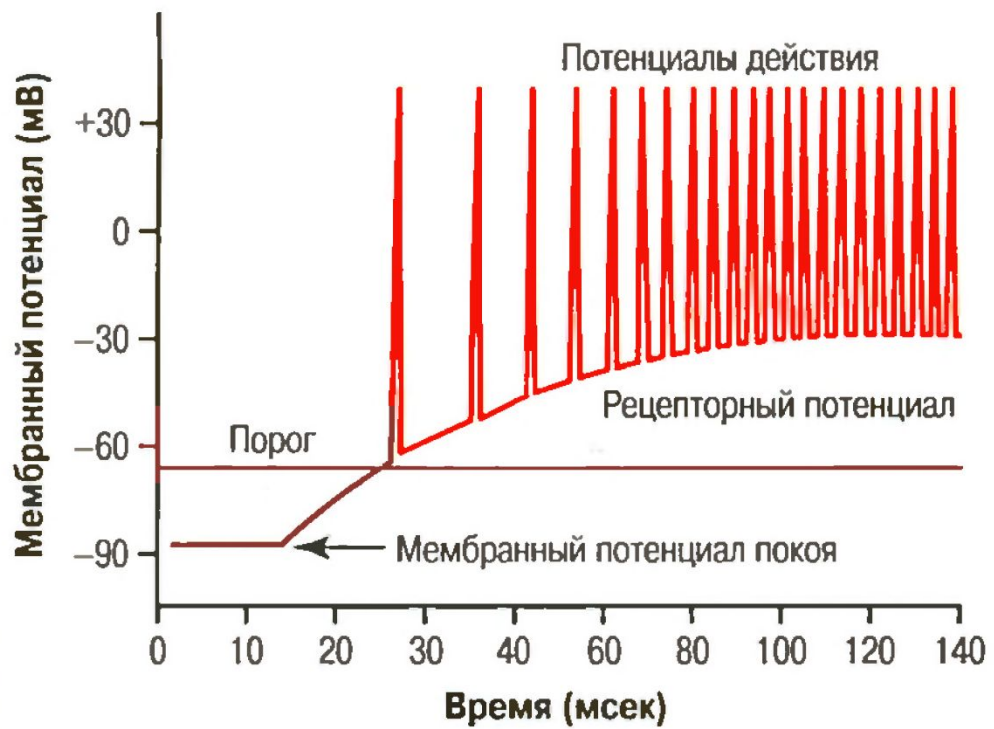
- изменение пространственной конфигурации белковых молекул;
- изменение проницаемости мембраны для  $\text{Na}^+$  ( $\text{K}^+$ );
- деполяризация (гиперполяризация) мембраны, возникновение рецепторного потенциала.

# МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ РЕЦЕПТОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА В ТЕЛЬЦЕ ПАЧИНИ



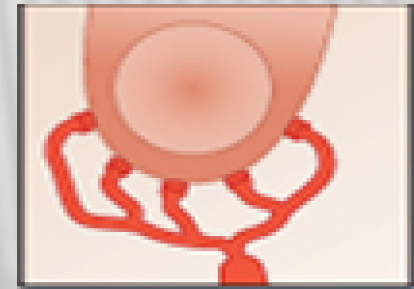
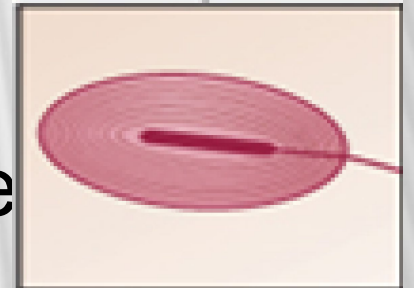
- В первичночувствующих рецепторах: рецепторный потенциал действует на соседние участки мембраны нервного волокна, возникает потенциал действия.
- Во вторичночувствующих рецепторах: рецепторный потенциал приводит к выделению медиатора в синаптическую щель рецепторно-афферентного синапса – деполяризация мембраны – генераторный потенциал – потенциал действия.





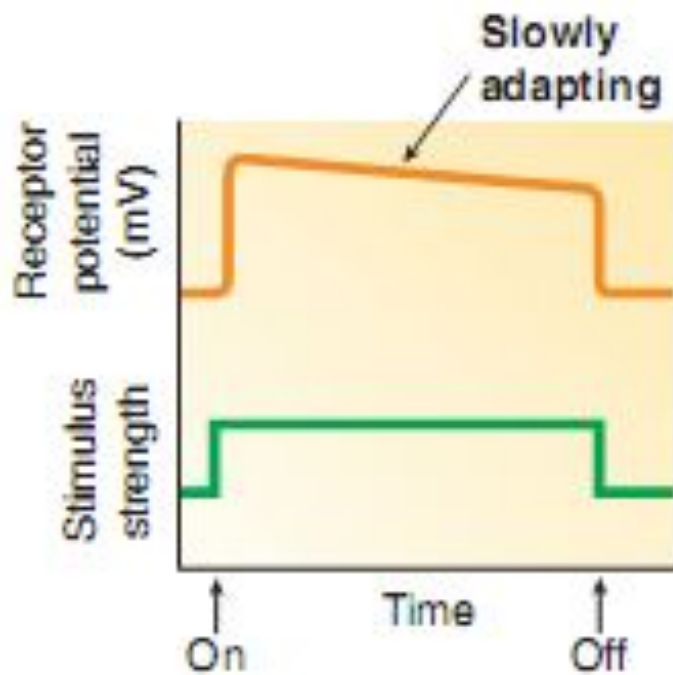
□ ...способность к адаптации – изменение возбудимости при длительном действии раздражителя.

- быстро адаптирующиеся (фазные)
- медленно адаптирующиеся (тонические);
- смешанные (фазно-тонические).

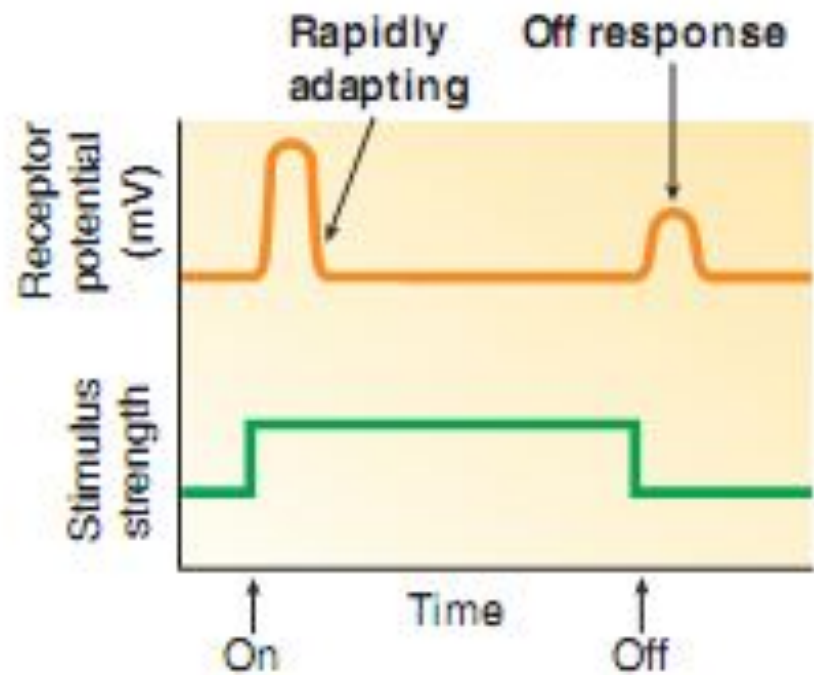




# ФАЗНЫЕ И ТОНИЧЕСКИЕ РЕЦЕПТОРЫ

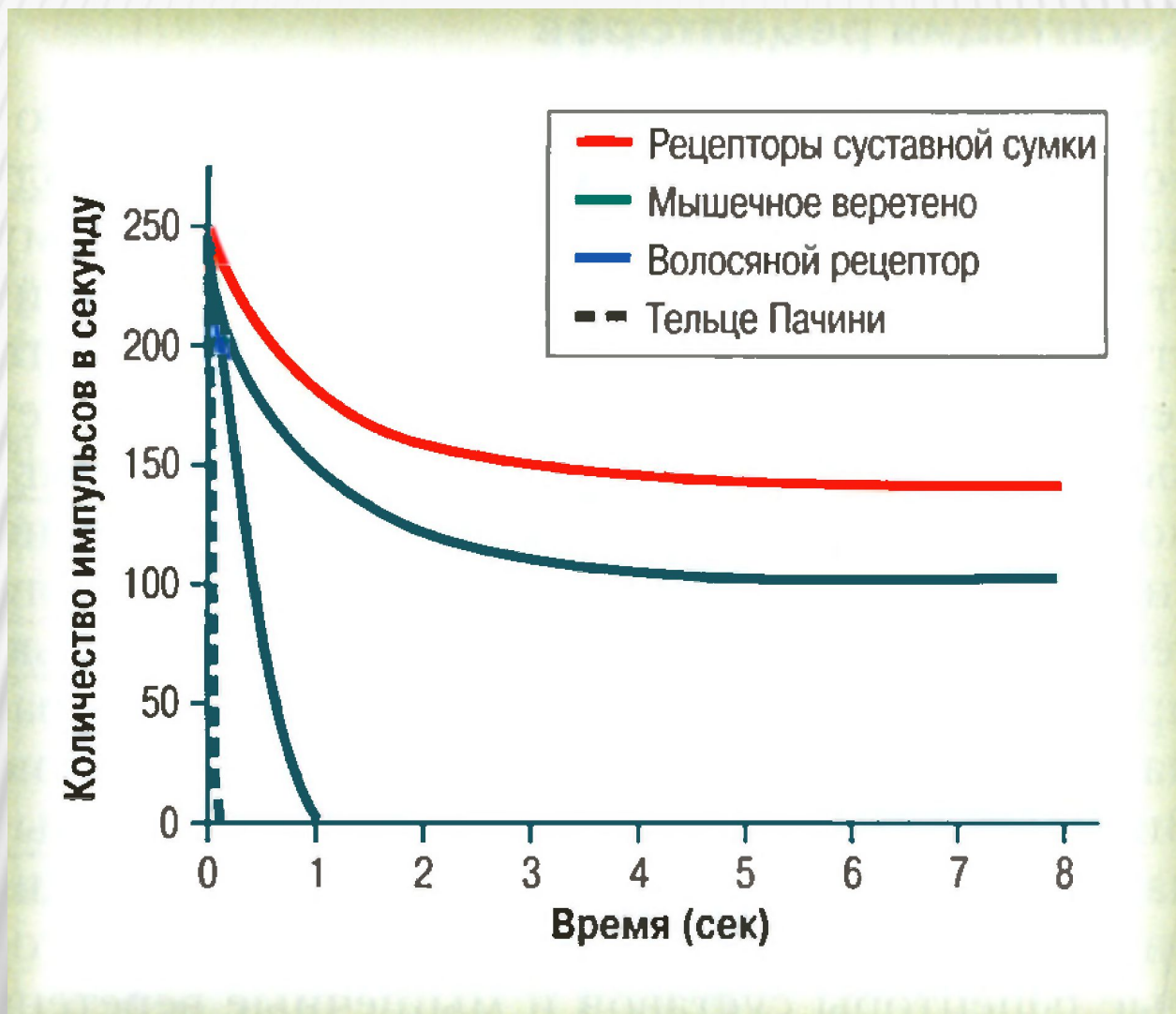


(a) Tonic receptor



(b) Phasic receptor

# АДАПТАЦИЯ РАЗНЫХ ТИПОВ РЕЦЕПТОРОВ



# КОДИРОВАНИЕ ПОСТУПАЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ

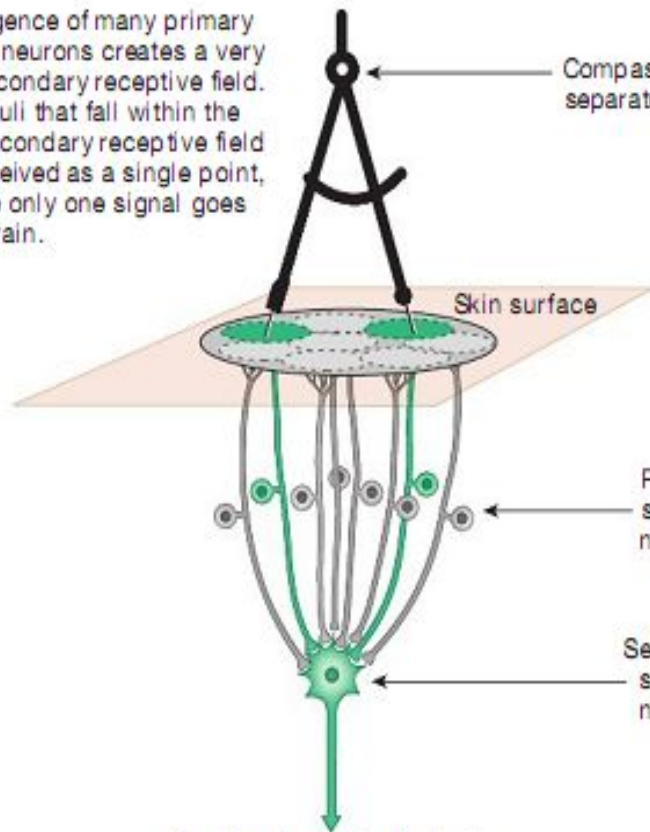
---

- **Кодирование** – совершаемое по определенным правилам преобразование информации в условную форму (код).
- Любое преобразование информации в отделах сенсорной системы является кодированием.
- В сенсорной системе сигналы кодируются двоичным кодом (наличие или отсутствие импульса).

- 
- Информация о раздражении и его параметрах передается в виде отдельных импульсов, а также «пачек» импульсов.
    - пространственное кодирование;
    - временное кодирование;
    - позиционное кодирование.

- 
- Рецептивное поле – совокупность рецепторов, сигналы с которых поступают на один афферентный нейрон.

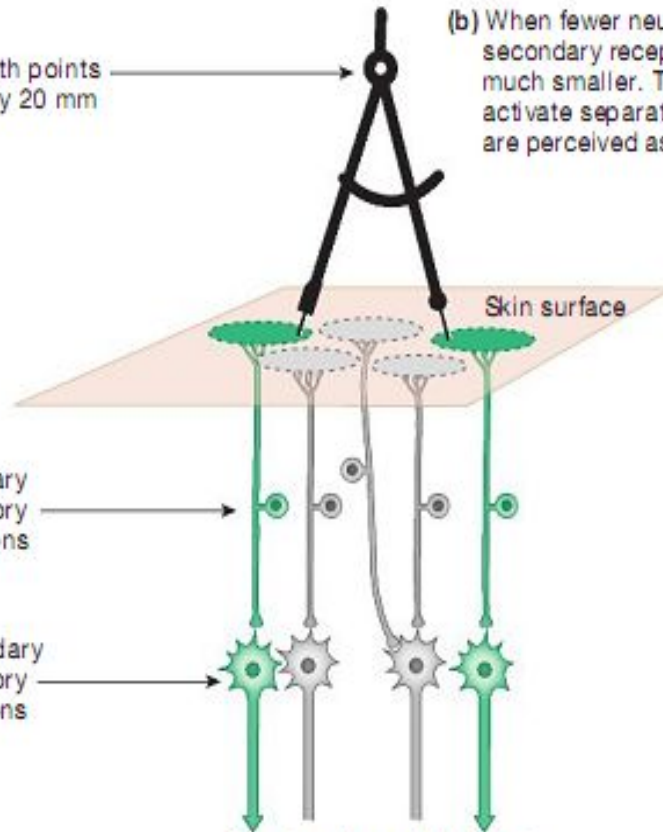
(a) Convergence of many primary sensory neurons creates a very large secondary receptive field. Two stimuli that fall within the same secondary receptive field are perceived as a single point, because only one signal goes to the brain.



One signal goes to the brain.

Compass with points separated by 20 mm

(b) When fewer neurons converge, secondary receptive fields are much smaller. The two stimuli activate separate pathways and are perceived as distinct stimuli.



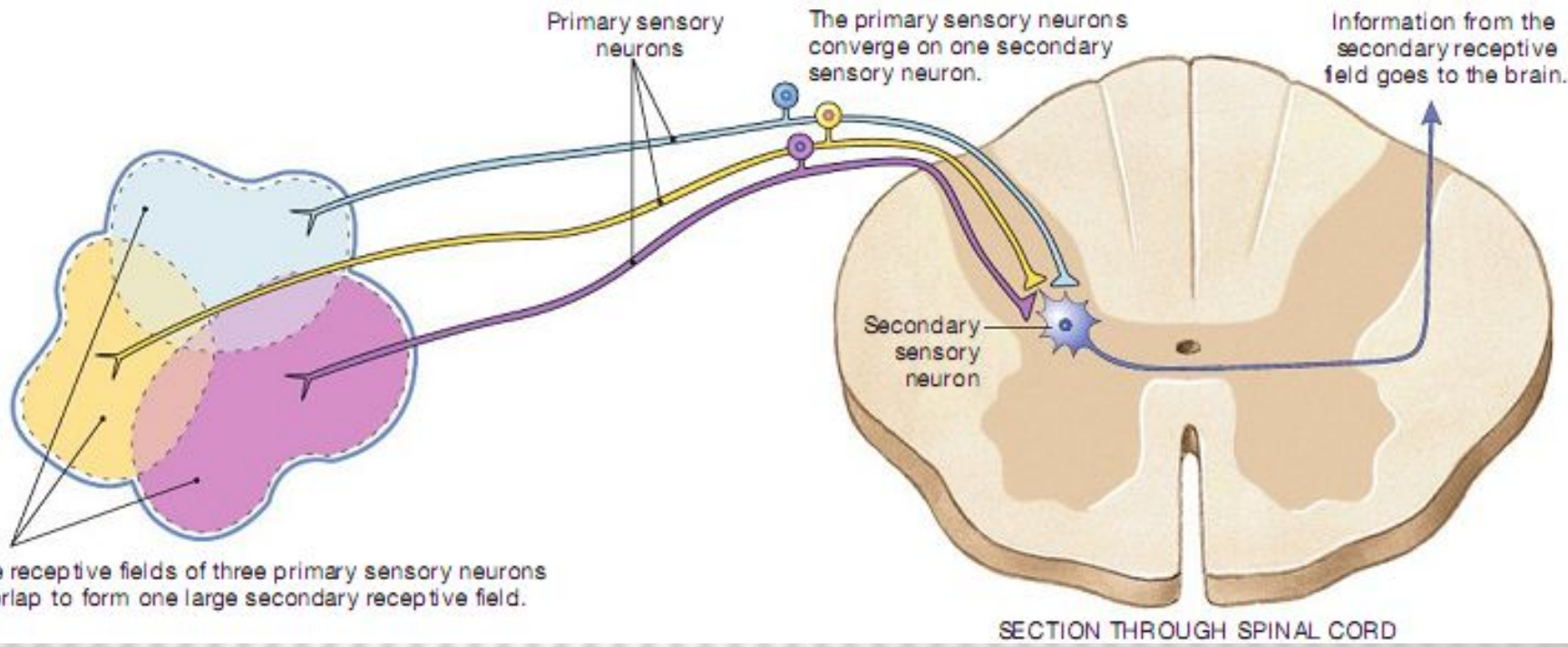
Two signals go to the brain.

Primary sensory neurons

Secondary sensory neurons

Skin surface

Skin surface

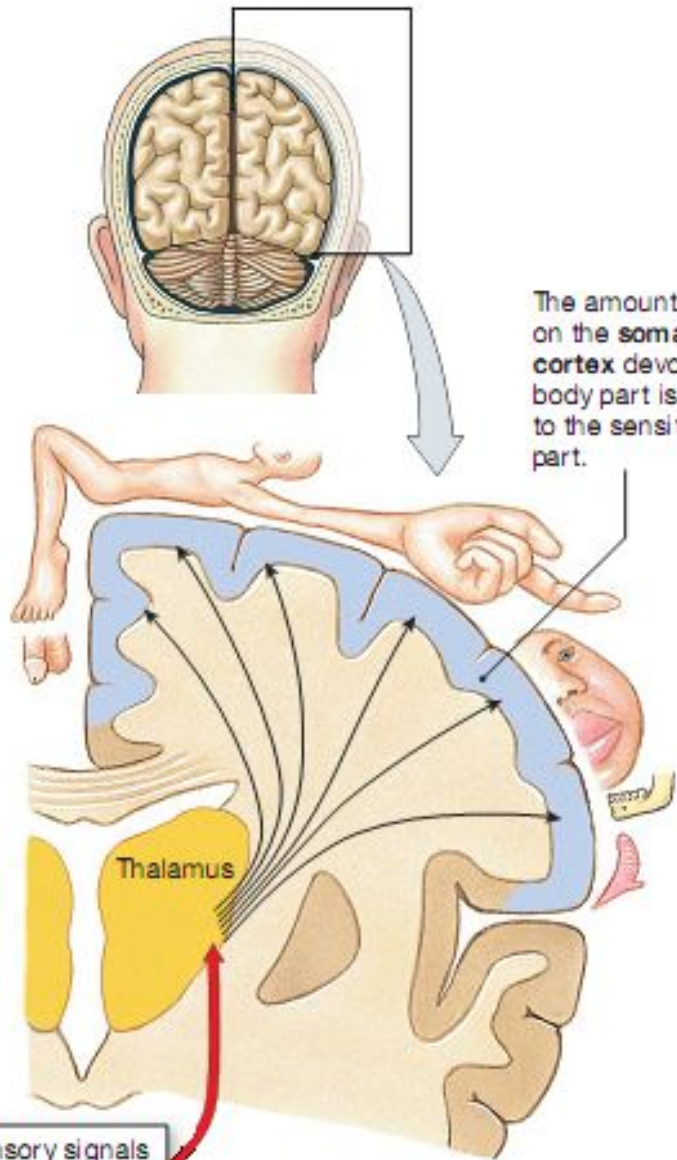


The receptive fields of three primary sensory neurons overlap to form one large secondary receptive field.

# ПРОВОДНИКОВЫЕ ОТДЕЛЫ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

- Специфические пути – от рецепторов тактильной, проприоцептивной, слуховой, зрительной, вкусовой сенсорных систем.
- Неспецифические пути – от рецепторов болевой и температурной сенсорных систем.
- Ассоциативные пути (оценка биологической значимости стимула).

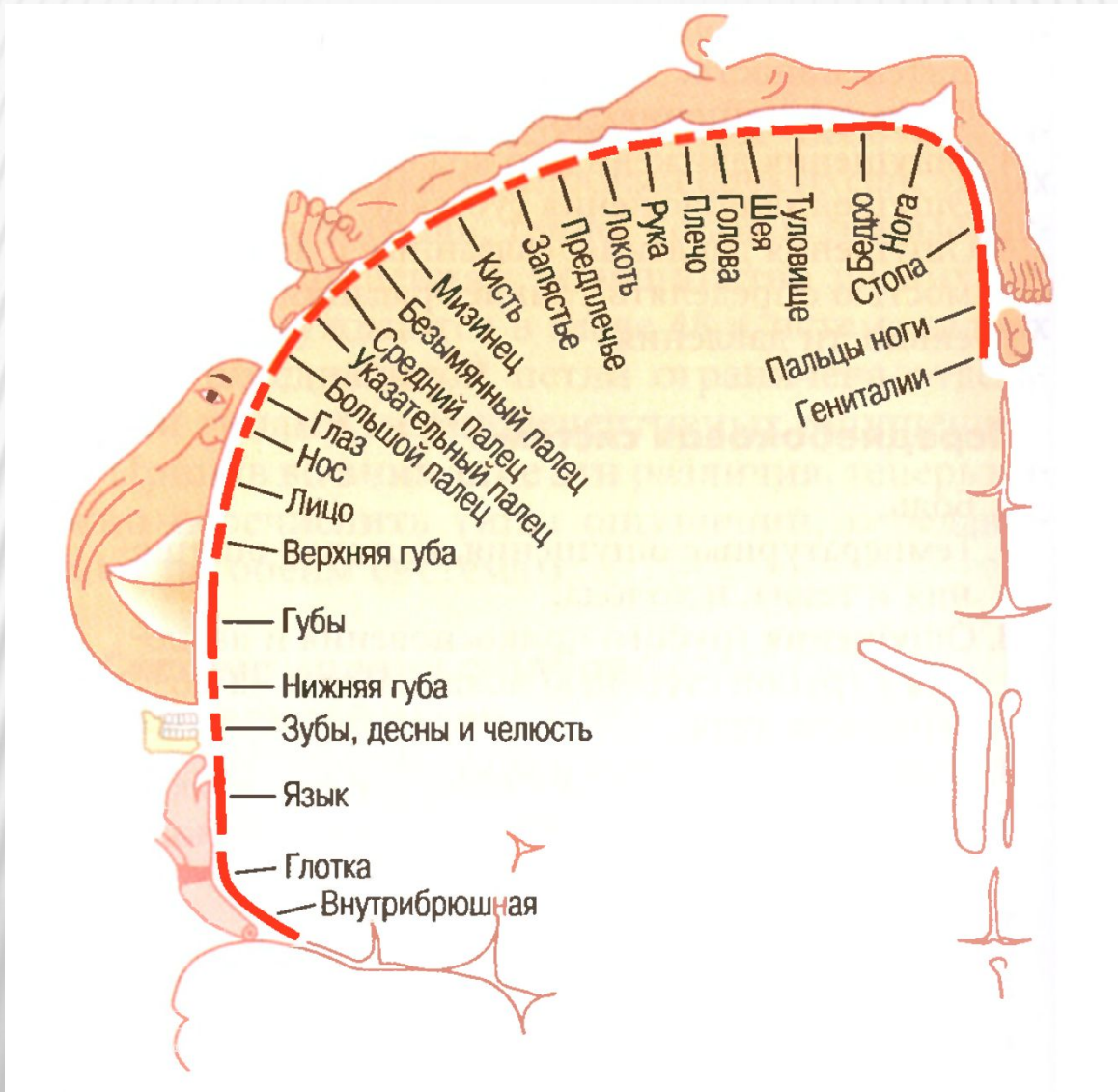




The amount of space on the **somatosensory cortex** devoted to each body part is proportional to the **sensitivity** of that part.

Sensory signals from left side of body

# ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ТЕЛА В СОМАТОСЕНСОРНОЙ КОРЕ



# ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ

- Детектирование - избирательное выделение сенсорным нейроном того или иного признака раздражителя, имеющего поведенческое значение (нейроны - детекторы).
- Пример – «детекторы моей бабушки»

# ОПОЗНАНИЕ ОБРАЗОВ

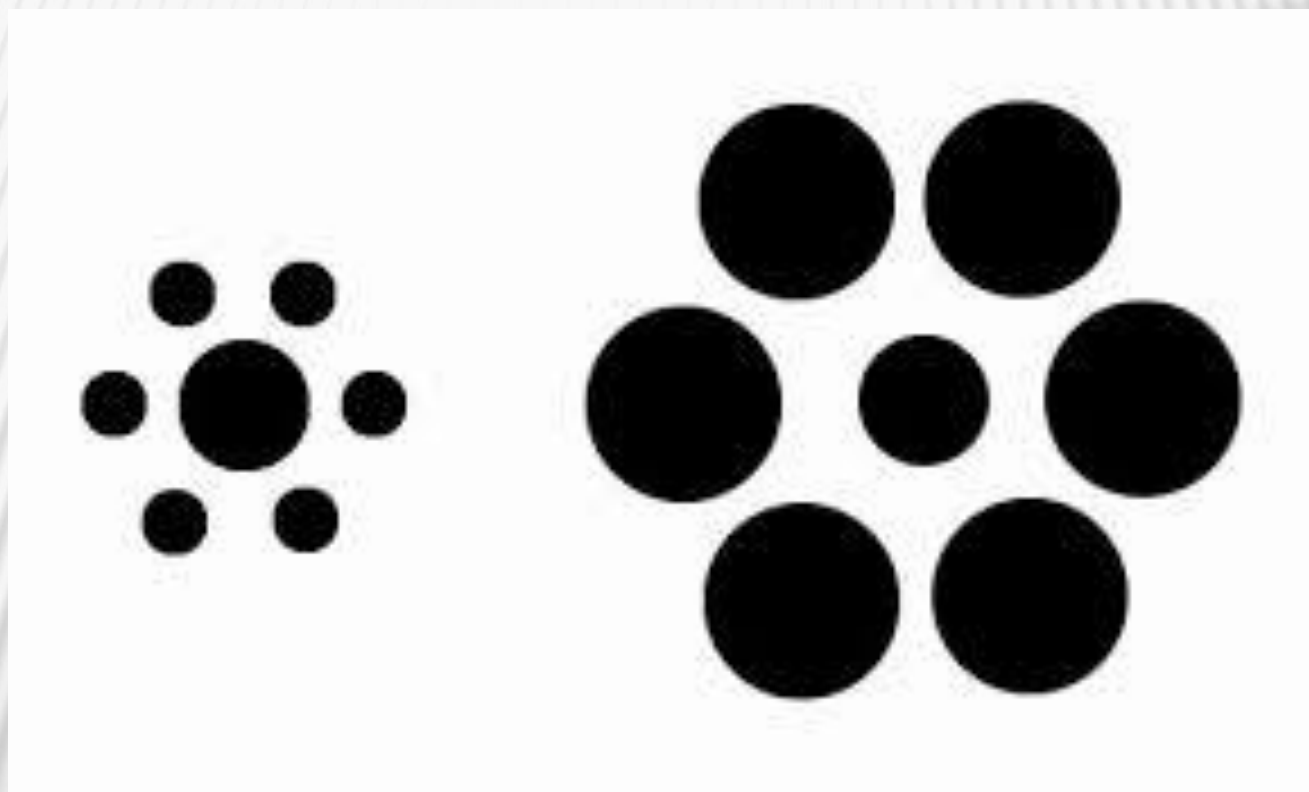
---

- Отнесение образа к тому или иному классу объектов, с которыми ранее встречался организм (классификация образов).
- Ошибки в опознании – сенсорные иллюзии



BUGAGA.RU

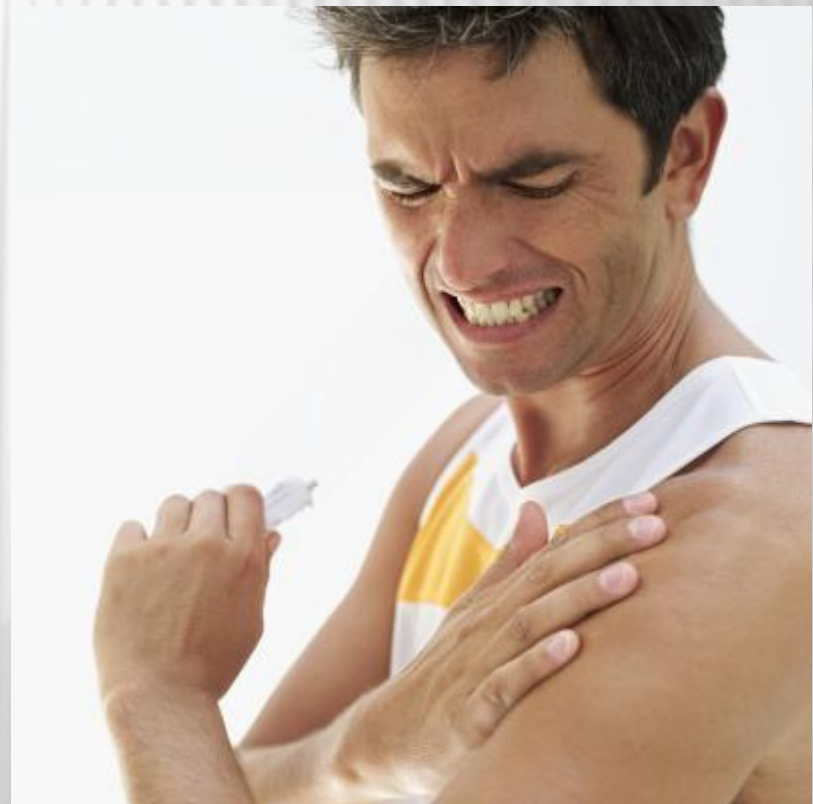
# ИЛЛЮЗИЯ ЭББИНГАУЗА



---

# **БОЛЕВАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА**

□ **Боль** – психофизиологическое состояние, возникающее в результате действия сверхсильных или неадекватных раздражителей.





---

## Компоненты боли:

- сенсорный;
- аффективный;
- вегетативный;
- двигательный;
- когнитивный.

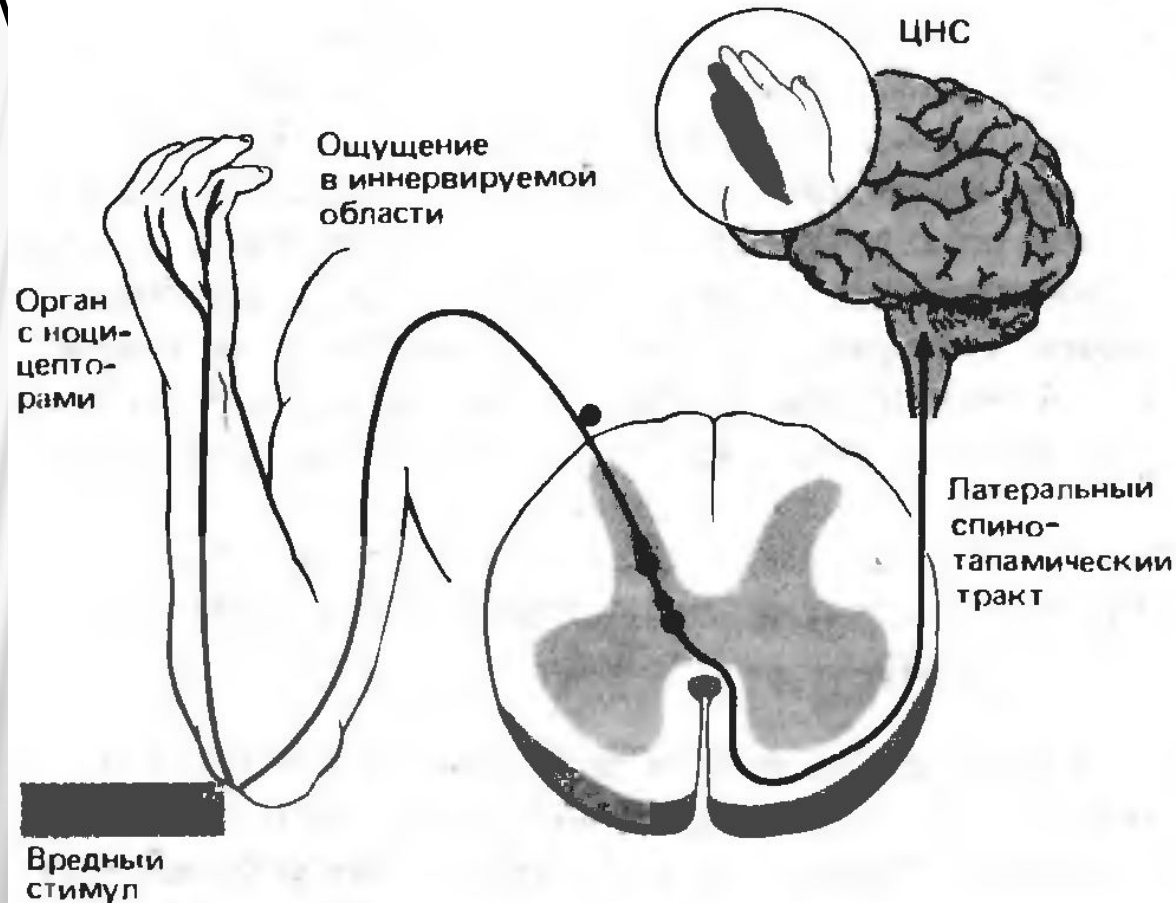
# ВИДЫ БОЛИ:

---

- ▣ Физическая и психогенная;
- ▣ Острая и хроническая;
- ▣ Эпикритическая и протопатическая;
- ▣ Соматическая и висцеральная;
- ▣ Поверхностная и глубокая;
- ▣ Местная (локализуется в очаге патологического процесса);

# ВИДЫ БОЛИ:

- Проекционная – ощущается по ходу и на периферии нерва при раздражении его в проксимальном участке



# ВИДЫ БОЛИ:

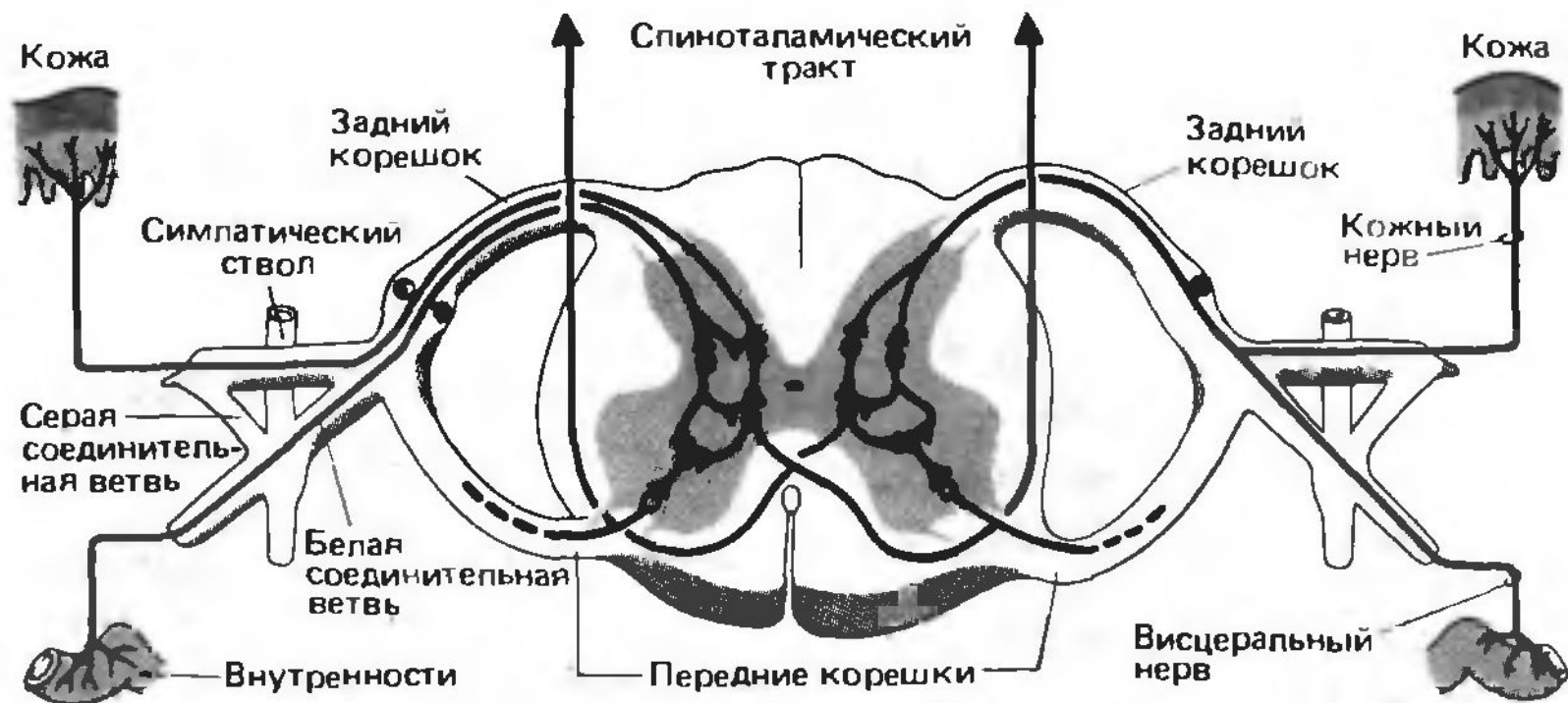
---

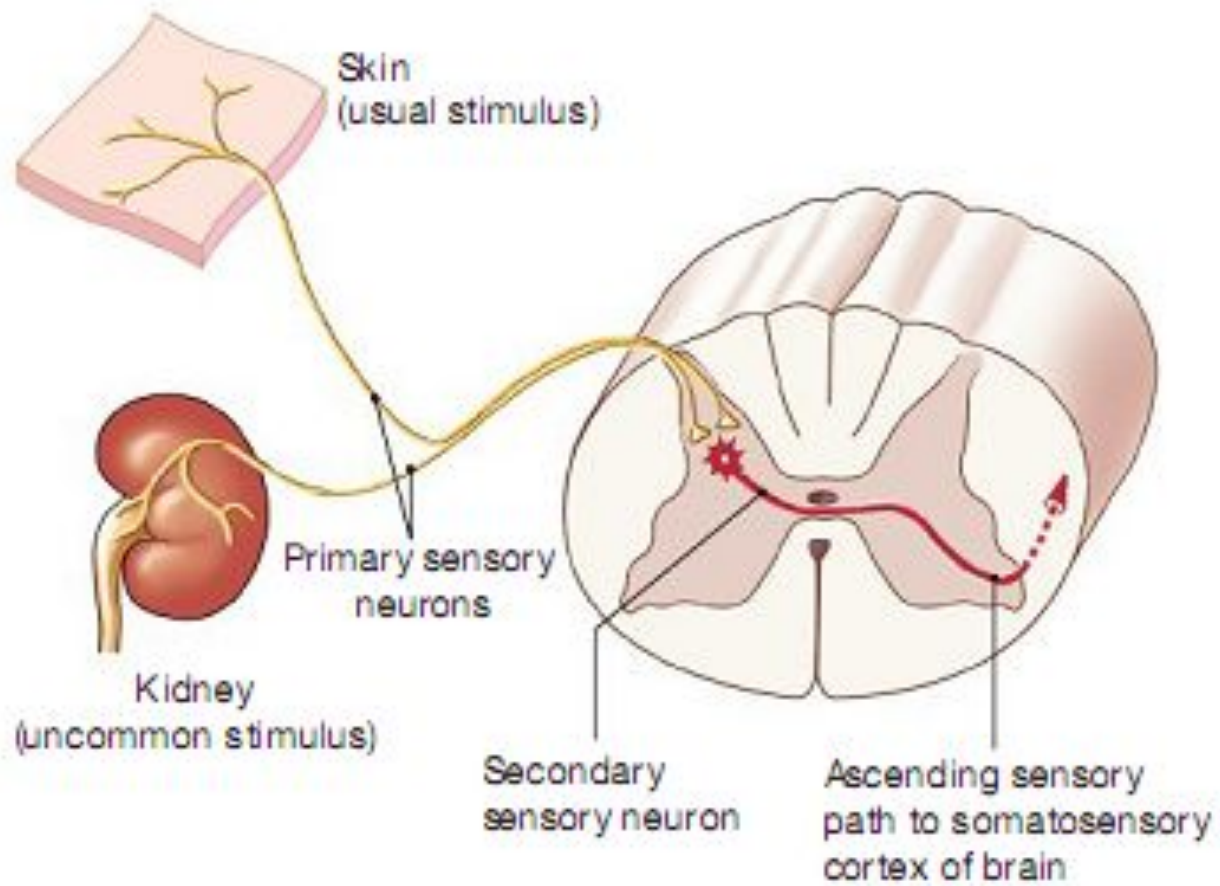
- Иррадиирующая – боль в области иннервации одной ветви при наличии очага раздражения в зоне иннервации другой ветви одного и того же нерва.

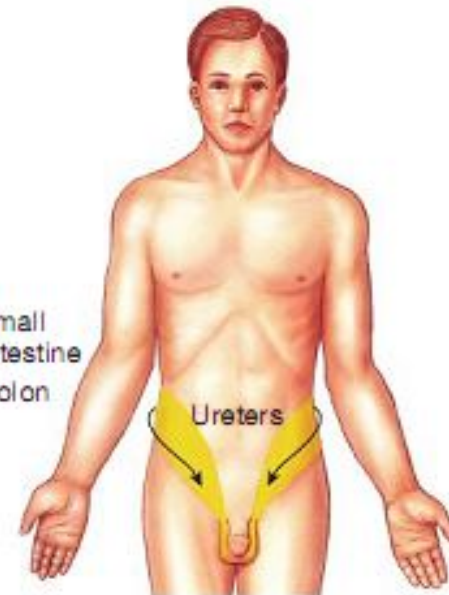
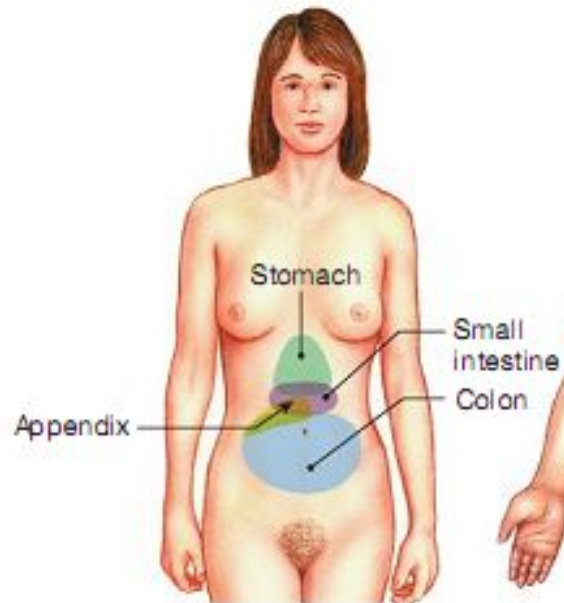
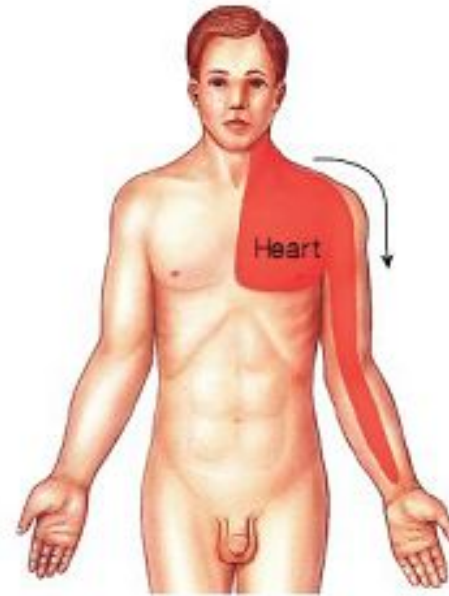
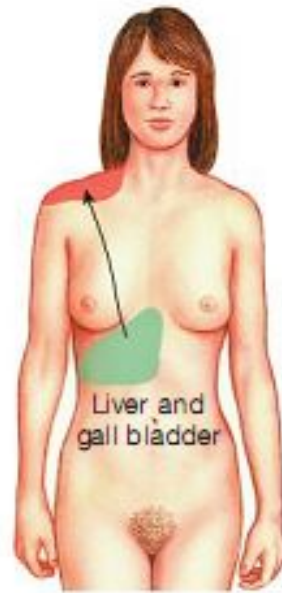
# ВИДЫ БОЛИ:

- Отраженная – возникает в участках кожи, иннервируемых из того же сегмента спинного мозга, что и внутренние органы, где расположен очаг поражения.

Механизм – конвергенция на интернейронах спинного мозга возбуждения от пораженного органа и от участка кожи.









- 
- **Фантомная** – после ампутации конечности или зуба.

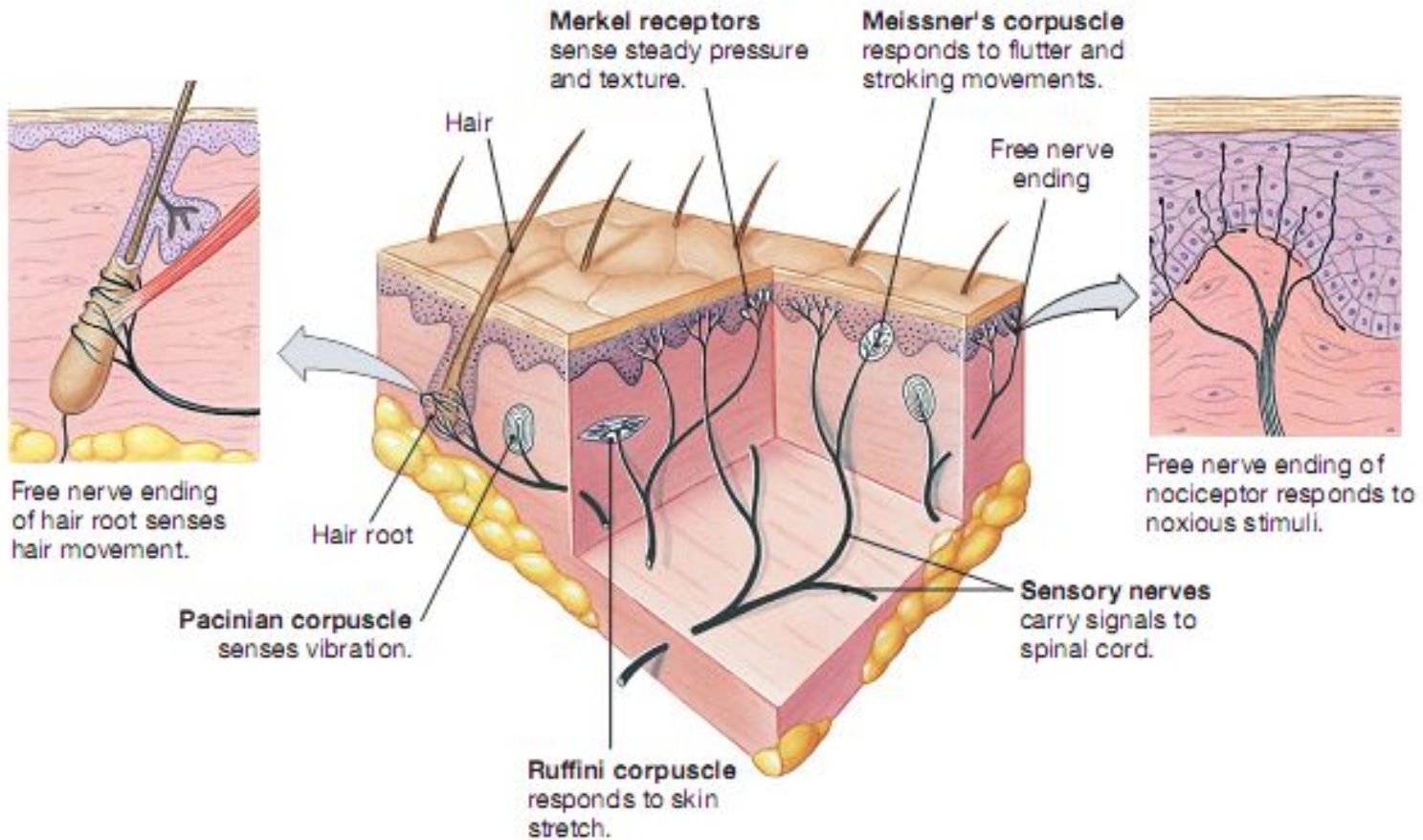
**Механизм** – возникновение очага возбуждения в ЦНС, дефицит тормозных процессов, реверберация возбуждения.

# ТЕОРИИ БОЛИ:

---

- Теория интенсивности (Гольдшейдер);
- Теория специфичности (Фрей);
- Теория воротного контроля (Мелзак, Уолл).

- 
- ▣ **Ноцицепторы** (лат. nocere - разрушать) – это высокопороговые рецепторы, реагирующие на воздействия сильных повреждающих раздражителей. Являются полимодальными.



- ❑ Механоноцицепторы – в коже, фасциях, сухожилиях. Окончания нервных волокон Аδ, быстроадаптирующиеся, рецепторы эпикритической боли.
- ❑ Термоноцицепторы – окончания нервных волокон Аδ и С.
- ❑ Хемоноцицепторы – возбуждаются при действии аллогенов. Окончания нервных волокон С, рецепторы протопатической боли.

---

**Аллогены** – химические вещества, нарушающие процессы окисления в тканях:

- тканевые (серотонин, гистамин, ацетилхолин);
- плазменные (брадикинин, каллидин);
- выделяющиеся из нервных окончаний (вещество Р, нейрокинин А).

# ПРОВОДНИКОВЫЙ ОТДЕЛ БОЛЕВОЙ СИСТЕМЫ

Первый нейрон – в чувствительных ганглиях соответствующих нервов;

2 основных тракта:

- неоспиналоталамический – собирает информацию от кожных, мышечных и висцеральных ноцицепторов (Аδ).

Второй нейрон – 1, 5, 6-7 пластины спинного мозга.

---

В таламусе делится на латеральную и медиальную части.

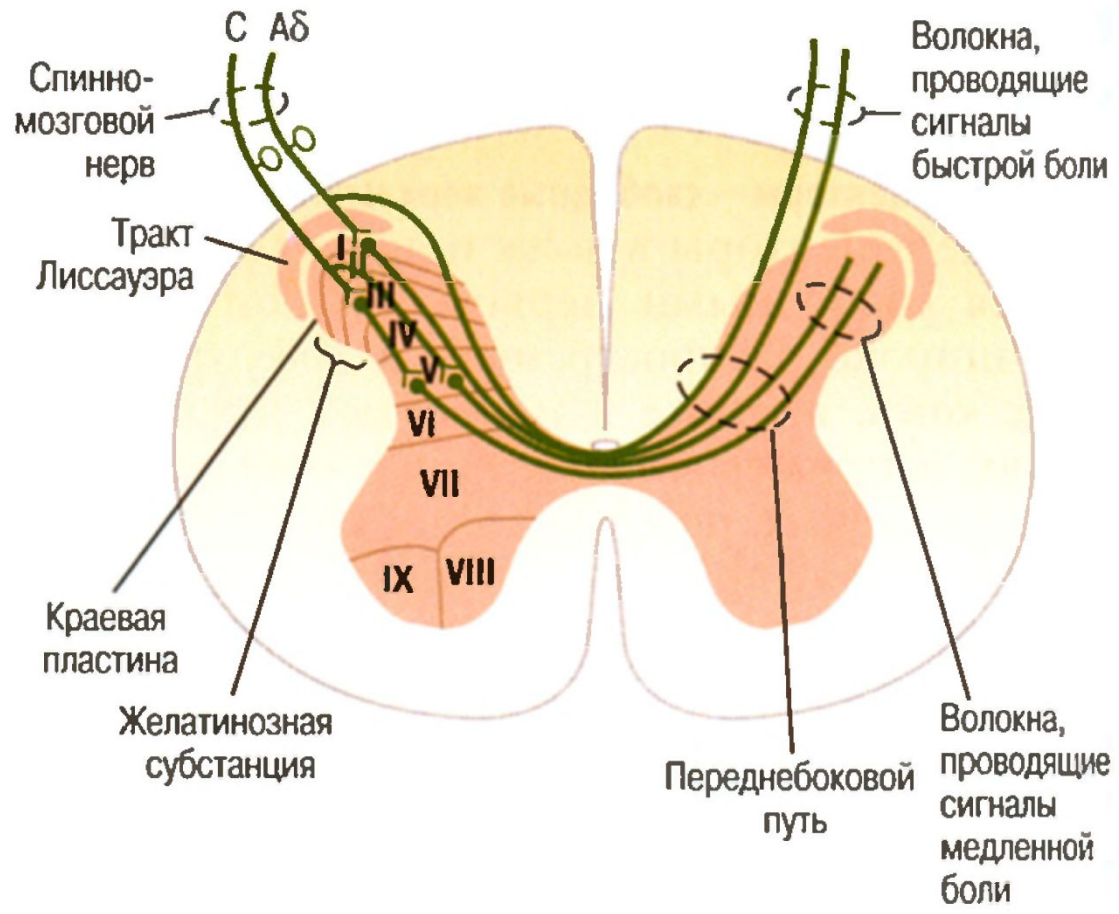
Латеральная часть заканчивается на нейронах специфического вентрального ядра таламуса (третий нейрон).

Четвертый нейрон – первая и вторая сенсорные зоны и орбитофронтальная кора.

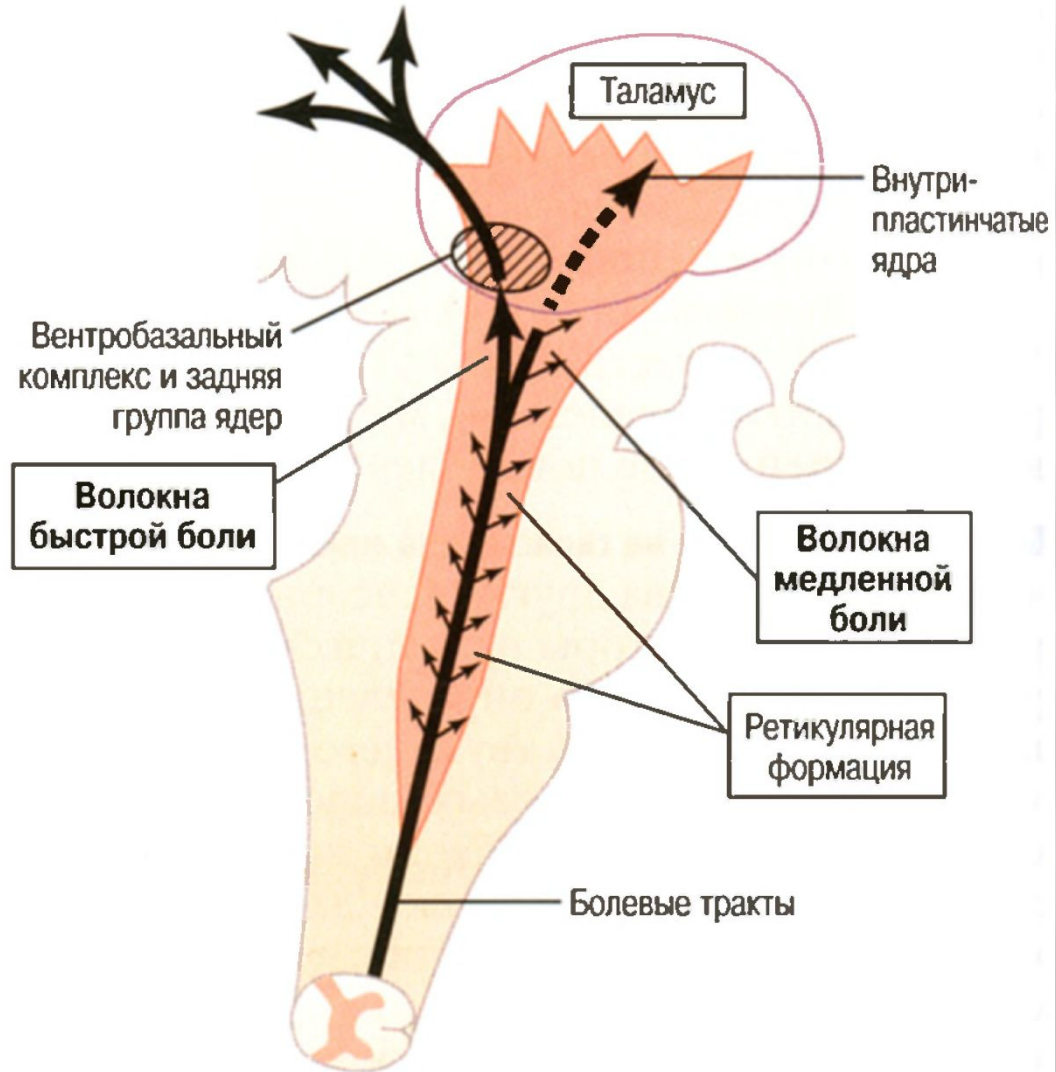


- 
- Медиальная часть – заканчивается на нейронах неспецифических медиальных и интраламинарных ядер, откуда возбуждение к гипоталамусу, лимбической системе etc.
  - Проводит информацию о быстрой боли.
  - Медиатор – глутамат.

- **палеоспиноталамический** – более древний – проводит сигналы медленной боли по волокнам типа С.
- Второй нейрон – 2 и 3 пластины задних рогов спинного мозга (желатинозная субстанция).
- Далее – вместе с волокнами неоспиноталамического тракта.
- Медиатор – вещество Р.



К соматосенсорным областям



# КОРКОВЫЙ ОТДЕЛ:

- Первичная проекционная зона – анализ локализации и интенсивности ноцицептивных воздействий.
- Вторичная проекционная зона – осознание болевого ощущения, регуляция уровня восприятия повреждающих раздражений.
- Орбитофронтальная кора – формирование аффективного компонента боли.

# АНТИНОЦИЦЕПТИВНАЯ СИСТЕМА

- Совокупность структур, локализующихся на разных уровнях ЦНС и имеющих разные механизмы регуляции болевых возбуждений



- 
- ▣ **Первый уровень** – центральное серое околоспинальное вещество; ядра шва и ретикулярной формации = **система нисходящего тормозного контроля**

Тормозит ноцицептивные нейроны задних рогов спинного мозга (медиаторы – серотонин, энкефалин).



- 
- ▣ **Второй уровень** – ядра гипоталамуса, активирующие СНТК, тормозящими ноцицептивные нейроны спинного мозга и таламуса (с участием опиоидных пептидов и адренэргической системы).
  - ▣ **Третий уровень** – сенсорная зона II. Оказывает модулирующие влияния на СНТК.

# МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

- опиоидэргический
- пептидэргический
- серотонинэргический
- адренэргический
- ГАМКэргический и др.

## Опиоидные пептиды:

- эндорфины – образуются в гипоталамусе, таламусе, среднем мозге и т.д.
- энкефалины - вырабатываются желатинозной субстанцией, ядрами задней группы таламуса
- динарфины – синтезируются в гипоталамусе.

Они связываются с опиатными рецепторами, осуществляя пре- и постсинаптическое торможение в ноцицептивной системе

# СРОЧНЫЙ МЕХАНИЗМ ЭНДОГЕННОГО ОБЕЗБОЛИВАНИЯ:

- ▣ Ограничение афферентного потока на уровне релейных нейронов задних рогов спинного мозга – посредством СНТК.
- ▣ Реализуется конкурентная аналгезия.

# КОРОТКОДЕЙСТВУЮЩИЙ МЕХАНИЗМ ЭНДОГЕННОГО ОБЕЗБОЛИВАНИЯ:

- Нисходящие влияния из вентромедиального ядра гипоталамуса (адренэргический механизм).
- При кратковременном действии болевых стимулов.

# ДЛИТЕЛЬНО ДЕЙСТВУЮЩИЙ МЕХАНИЗМ ЭНДОГЕННОГО ОБЕЗБОЛИВАНИЯ:

- Центром являются супраоптические и латеральные ядра гипоталамуса (опиоидный механизм).
- Ограничение восходящего болевого потока на всех уровнях ноцицептивной системы

# ТОНИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБЕЗБОЛИВАНИЯ:

- ▣ Выраженная фоновая активность нейронов антиноцицептивной системы. Центры – орбитофронтальная кора и гипоталамус (опиоидный и пептидэргический механизмы).
- ▣ Значение – препятствие генерализации ноцицептивных возбуждений в ЦНС.