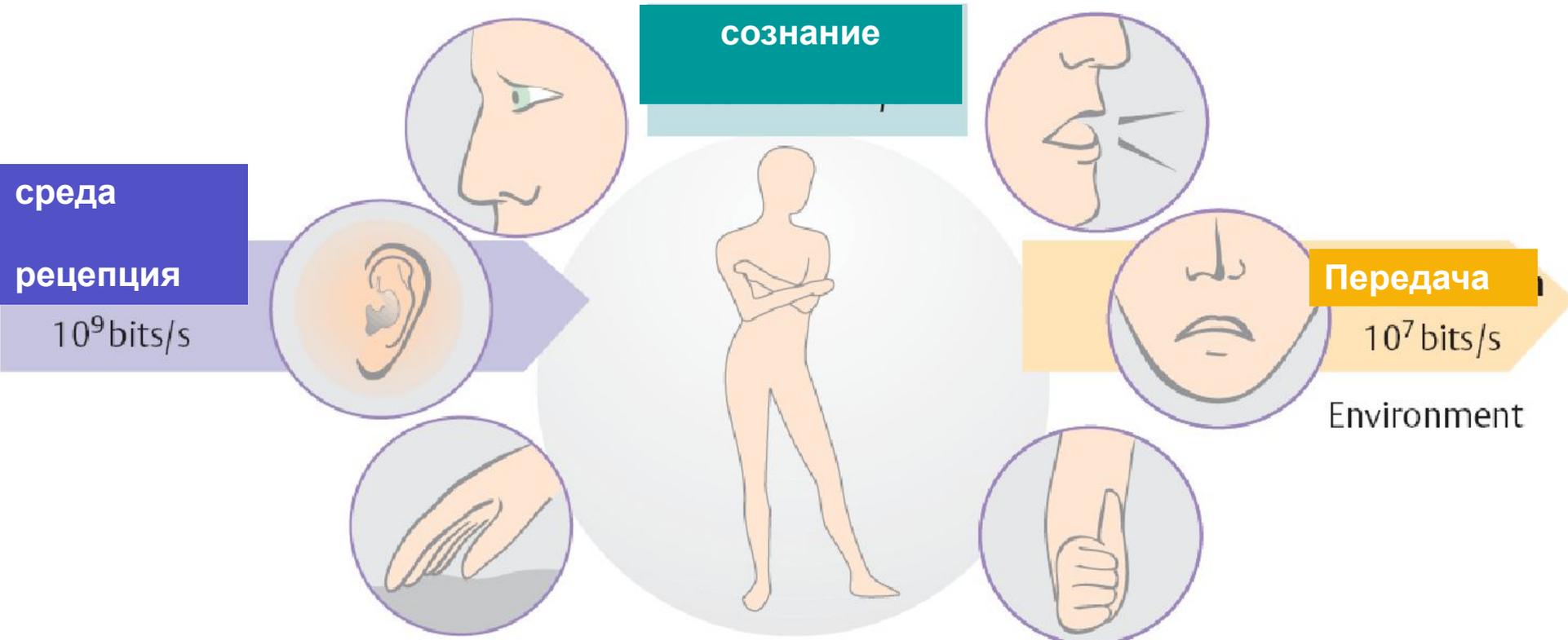


Сенсорные систем. Общие принципы функционирования анализаторов



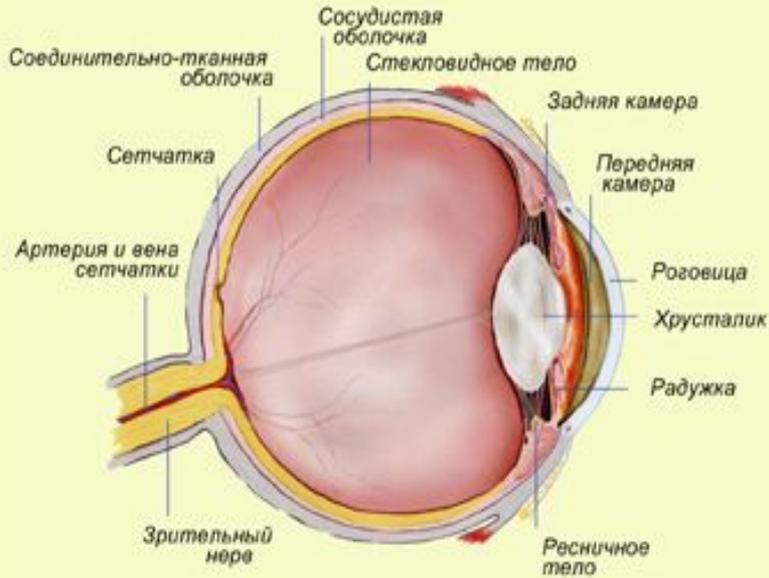
Франкен Франс (младший). Пять чувств
(1620, частное собрание)

Рецепция, чувственное восприятие и передача информации

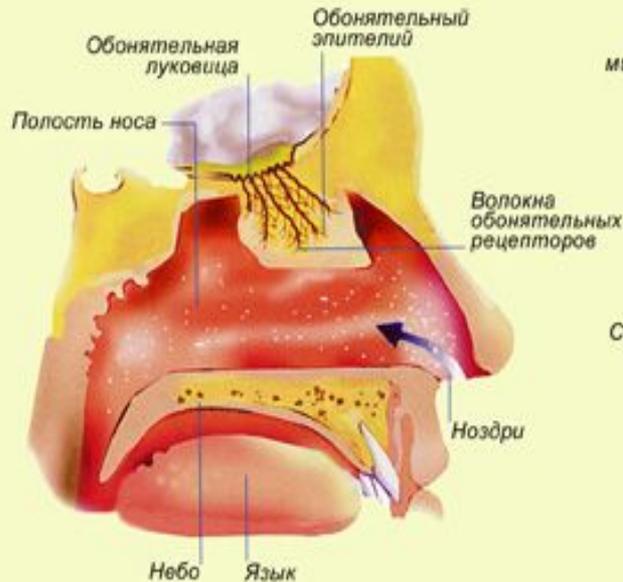


ОРГАНЫ ЧУВСТВ

ОРГАН ЗРЕНИЯ



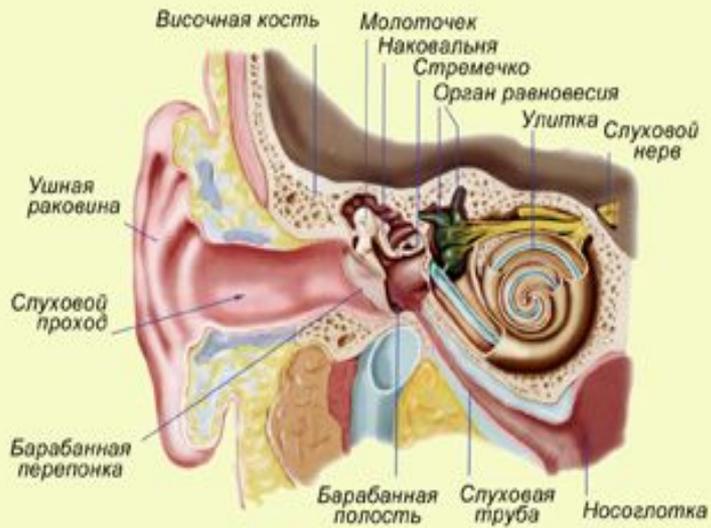
ОРГАН ОБОНЯНИЯ



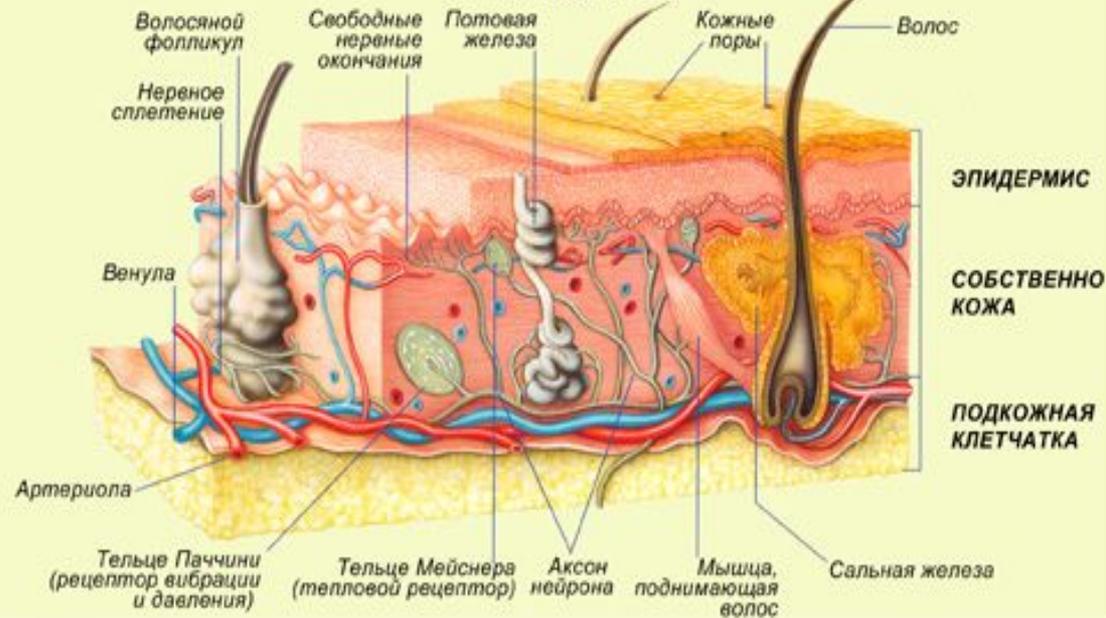
ОРГАН ВКУСА



ОРГАН СЛУХА И РАВНОВЕСИЯ



СТРОЕНИЕ КОЖИ



- 1. Понятие об органах чувств и сенсорных системах**
- 2. Функциональная организация сенсорных систем и его функции**
 - 2.1. Периферический (рецепторный) отдел**
 - 2.2. Проводниковый отдел сенсорных систем и его функции**
 - 2.3. Кортикальный отдел сенсорных систем**
 - 2.4. Основные свойства анализаторов**
- 3. Кодирование информации в различных отделах сенсорных систем**
- 4. Регуляция функций сенсорных систем**
- 5. Методики исследования сенсорных систем**

1. Понятие об органах чувств и сенсорных системах.

АНАЛИЗАТОРЫ (СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ)

- связь и приспособление к непрерывно меняющимся условиям окружающей внешней среды
- информация о состоянии внешней и внутренней сред
 - формирование представлений и образов,
 - а также специфических форм приспособительного поведения

- **Анализатор** – совокупность центральных и периферических образований, воспринимающих и анализирующих изменения внешней и внутренней сред организма.
- **Орган чувств** – периферическое образование, воспринимающее и частично анализирующее факторы окружающей среды:
 - **рецепторы** – восприятие и кодирование сигналов различной модальности в электрический импульс
 - **вспомогательные структуры** – оптимизация восприятия.

Например, орган зрения состоит из

- глазного яблока, сетчатой оболочки, в составе которой имеются зрительные рецепторы, и
- ряда вспомогательных структур: век, мышц, слезного аппарата.

Сенсорная система – анализатор + механизмы регуляции различных его отделов с помощью прямых и обратных связей.

Совокупность ощущений, обеспечиваемых каким-либо одним анализатором, обозначают термином **модальность** (различные качественные типы ощущений).

Модальностями являются

- зрение,
- слух,
- вкус.

Качественные типы модальности

- зрения - различные цвета,
- вкуса - кислое, сладкое, соленое, горькое.

Классификация анализаторов

Классическое представление:

- пять чувств у человека: зрение, слух, вкус, обоняние и осязание

В реальной действительности их больше

- чувство осязания
 - спектр осязания: чувство давления, вибрации, щекотки, температуры, мышечное чувство
- ощущения голода, жажды, половой потребности (либидо)
→ обусловлены мотивационным состоянием
- ощущение положения тела в пространстве
- ощущение боли
- эмоционально окрашенные ощущения, связанные с изменениями во внутренних органах (напр., коронароспазм - чувство тоски, уныния).

Классификация анализаторов по их функциональной роли

1. **Внешние анализаторы** (изменения внешней среды → ощущения)
 - зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой, тактильный и температурный анализаторы
2. **Внутренние (висцеральные) анализаторы** (изменения внутренней среды организма)
 - колебания в пределах физиологической нормы
 - не воспринимаются субъективно в виде ощущений,
 - изменение некоторых констант внутренней среды
 - эмоционально окрашенные ощущения
 - поведенческие реакции
 - осморецепторы - жажда – питьевое поведение;
 - хеморецепторы – голод – пищевое поведение,
 - обонятельные рецепторы – ВНО – половое поведение

3. *Анализаторы положения тела*

- положение тела в пространстве и частей тела друг относительно друга
- вестибулярный и двигательный (кинестетический) анализаторы

5. *Болевой анализатор*

- информирование организма о повреждающих действиях
- болевые ощущения могут возникать при раздражении как экстеро-, так и интерорецепторов.

Роль внешних анализаторов

1. *Познание мира* - многоканальная система связи:

- нарушения - затруднения в познании внешнего мира
- компенсаторная функция анализаторов при повреждении одного из них

2. *Приспособление организма к окружающей среде*

- высокая чувствительность к адекватному раздражителю
 - широкий диапазон восприятия
- дублирование и дополнение анализаторов
 - формирование представления как об отдельных качествах – цвете, консистенции, запахе, вкусе, так и о свойствах объекта в целом (целостный образ воспринимаемого объекта)

3. *Поддержание тонуса ЦНС*

- постоянная импульсация от периферических отделов анализаторов.

2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

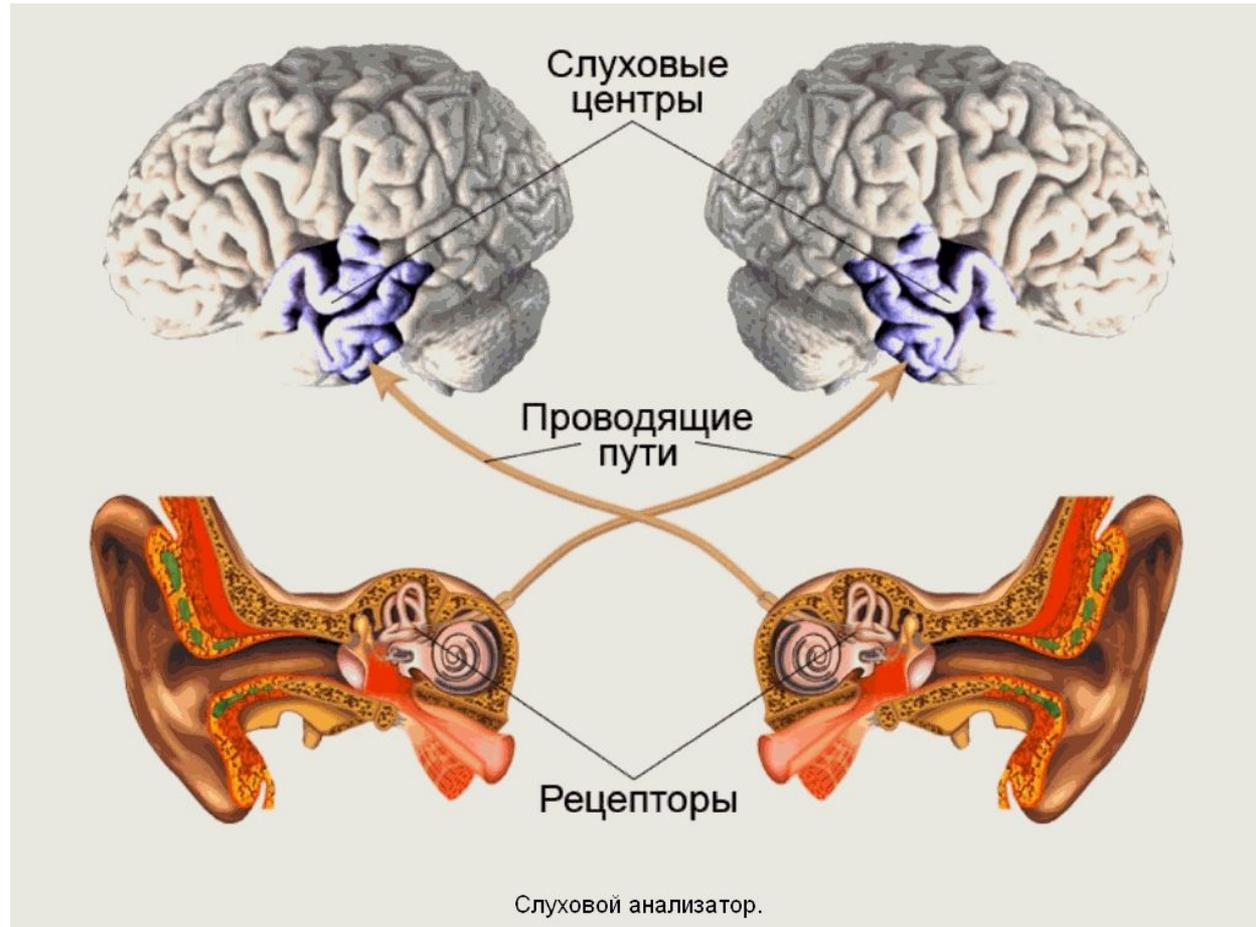
Учение об анализаторах - И. П. Павлов (1909г.)

- **опыты И. П. Павлова:** удаление участков коры, наблюдение нарушений условно рефлекторных реакций
 - наличие в корковом отделе
 - первичных проекционных зон (ядерных зон) и
 - рассеянных элементов коры большого мозга.
- **впервые** – анализатор, как единая система, включающая
 - рецепторный аппарат (**периферический отдел**),
 - аффер. нейроны и проводящие пути (**проводниковый отдел**) и
 - участки коры, воспр-е аффер. сигналы (**центральный отдел**).
- **анализатор** – совокупность нейронов, участвующих в восприятии раздражений, проведении возбуждения, а

И.П.Павлов (1909) –
заменяет понятие органа чувств на анализатор

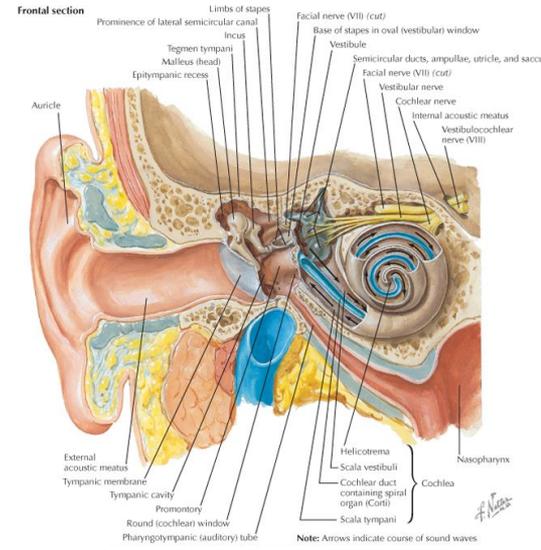
любой анализатор имеет три отдела:

- 1) периферический
- 2) проводниковый
- 3) центральный

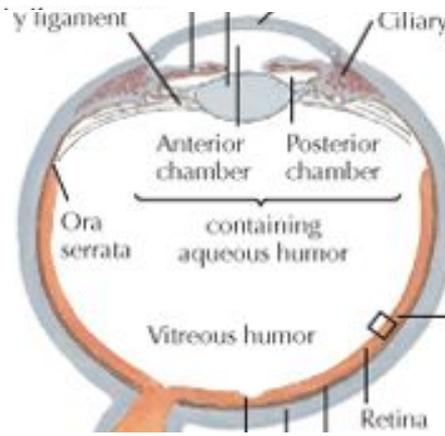
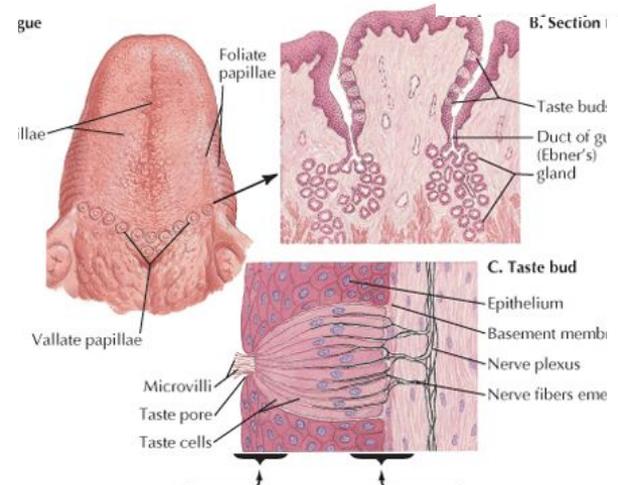
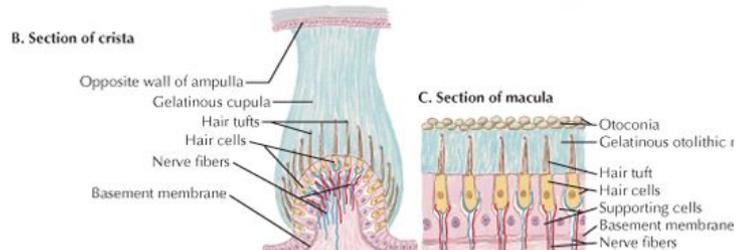
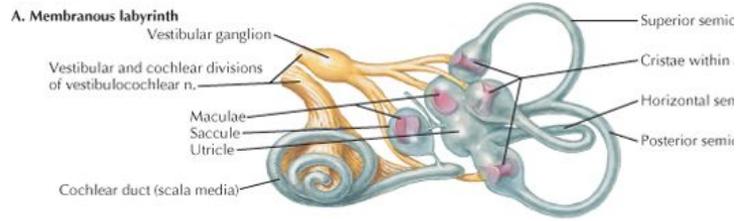
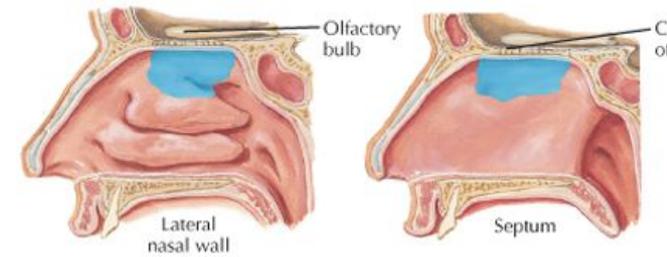


2.1. Периферический отдел А.

- представлен рецепторами
 - **восприятие** и первичный анализ сигналов (**различение** сигналов)
 - трансформации энергии раздражителя в нервный импульс,
 - усиление сигнала
 - специфичность чувствительности
 - способность воспринимать определенный вид раздражителя (адекватные раздражители)



A. Distribution of olfactory epithelium (blue area)



Раздражители классифицируют

- по ***модальности*** (форме энергии)
 - механические, химические, тепловые, осмотические, световые, электрические и др.
- по отношению к порогу раздражения данного рецептора
 - **адекватные** и **неадекватные** раздражители
 - *адекватность раздражителя* - его пороговая интенсивность значительно ниже по сравнению *неадекватными*
 - например разница порогов светового и механического стимулов на рецепторы глаза – 13-14 порядков

2.2. Проводниковый отдел сенсорных систем и его функции

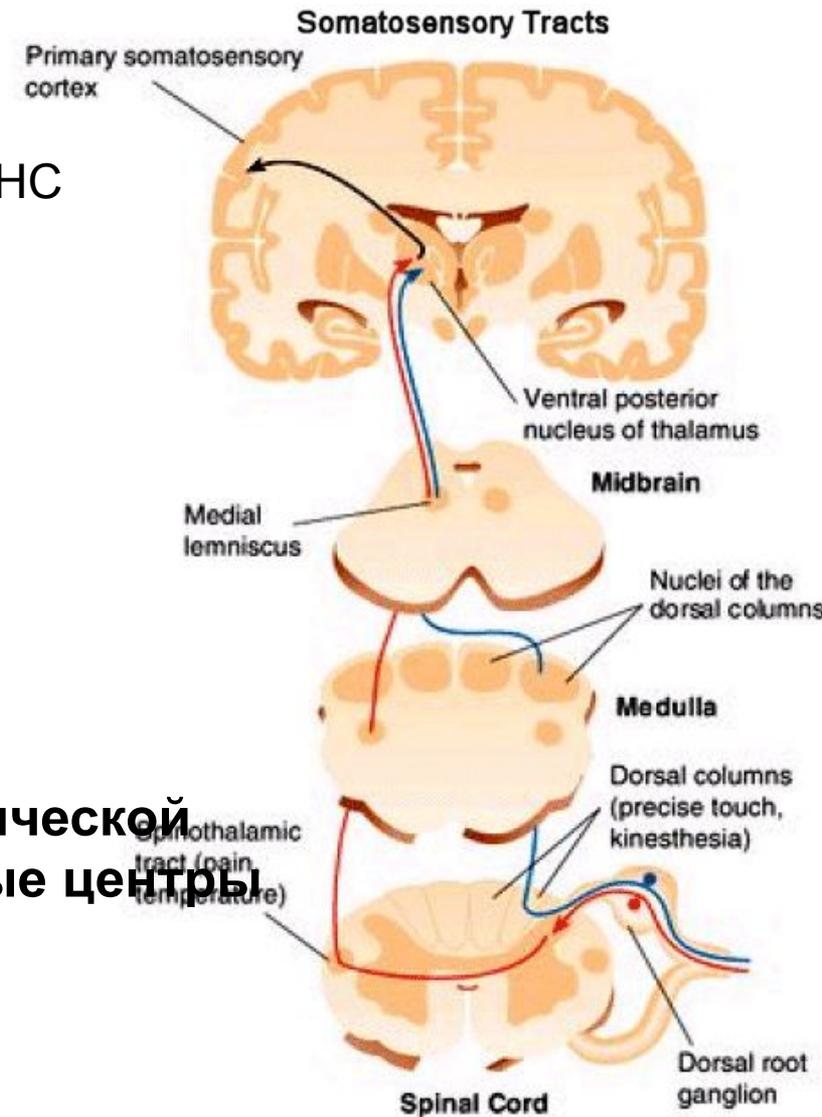
- частичная переработка информации
- проведение возбуждения от рецепторов в мозг:

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.



2.3. Центральный, или корковый, отдел анализатора

1) центральная часть («ядро»)

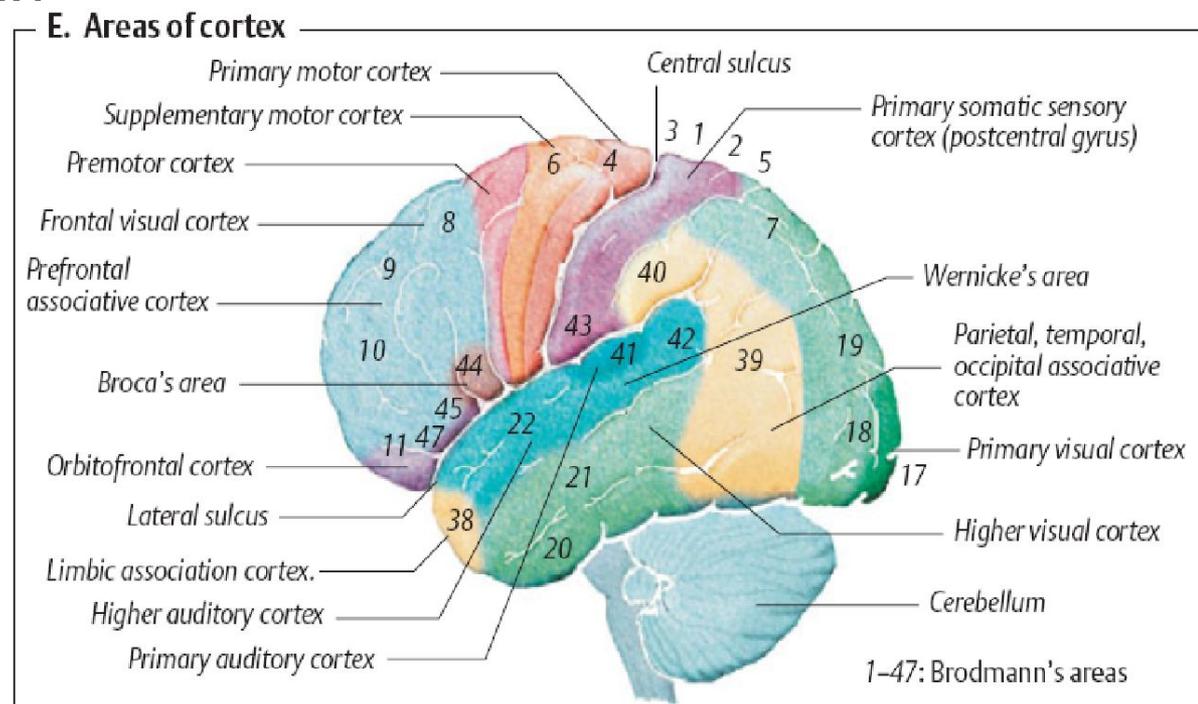
- специфические нейроны, перерабатывающими афферентную импульсацию от рецепторов

2) периферическая часть («рассеянные элементы»)

- нейроны, рассредоточенные по коре большого мозга.

Корковые концы анализаторов – «сенсорные зоны»

- перекрывают друг друга,
- взаимодействие анализаторов, компенсация функций
- высший анализ и синтез афф. возбуждений,
- формирование представления об окружающей среде



2.4. Основные свойства анализаторов

1. Высокая чувствительность к адекватному раздражителю
2. Способность к адаптации
3. Инерционность
4. Доминантные взаимодействия сенсорных систем

1. **Высокая чувствительность к адекватному раздражителю**

- Критерии оценки

- *порог ощущения* (абсолютный порог)
- *порог различения* (дифференциальный порог, **Э.Вебер**)
 - различен у разных анализаторов,
 - различен на разных участках рецептивных полей
- *интенсивность ощущений* - при одной и той же силе раздражителя зависит от возбудимости самого анализатора на всех его уровнях
- **Г.Фехнер**: интенсивность ощущения прямо пропорциональна логарифму силы раздражения
 - напр., логарифмическая шкала оценки силы звука в дб и возникающих ощущений от звуковых до болевых
- законы Вебера и Фехнера недостаточно точны, особенно при малой силе раздражения

2. **Способность к адаптации** (при постоянной силе длительно действующего раздражителя)

- ↓ абсолютной и ↑ дифференциальной чувствительности
- наиболее ярко проявляется на уровне рецепторов
 - изменение их возбудимости и импульсации,
 - изменение числа функционирующих рецепторных структур (*функциональной мобильности*, П.Г.Снякин)
 - быстро и медленно адаптирующиеся рецепторы
- в проводниковом отделе и коре
 - ↓ числа активированных волокон и нервных клеток
- роль эфферентной регуляции
 - нисходящие влияния из ЦНС
 - «настройка» сенсорных систем на оптимальное восприятие раздражителей в условиях изменившейся среды

3. Инерционность – медленное возникновение и исчезновение ощущений

- **латентное время** ощущений определяется
 - латентным периодом возбуждения рецепторов и
 - временем перехода возбуждения с одного нейрона на другой
 - временем возбуждения РФ и генерализации возбуждения в коре
- **последствие** - сохранение ощущений после выключения раздражителя
 - циркуляция возбуждения в ЦНС

Пример - зрительные ощущения

- латентный период $\approx 0,1$ с, время последействия $\approx 0,05$ с
- **феномен «слияние мельканий»** – ощущение непрерывного света в результате последовательных световых раздражений
 - макс. частота вспышек, воспринимаемых еще отдельно, – *критическая частота мельканий* (≈ 20 в 1 с)
- **«фи-феномен»** – ощущение движения объекта при последовательном проецировании неподвижных стимулов на разные участки сетчатки
- «слияние мельканий» и «фи-феномен» – в основе кинематографии:
 - зрительное ощущение от одного кадра длится до появления другого - иллюзия непрерывного движения (18- 24 кадра в с).

4. Доминантные взаимодействия сенсорных систем

- влияние возбуждения одной системы на возбудимость другой
- может проявляться на различных уровнях
 - ретикулярная формация,
 - кора большого мозга
 - нейроны коры обладают способностью отвечать на сложные комбинации сигналов разной модальности
 - важно для познания организмом окружающей среды и оценки новых раздражителей.

Примеры:

- аудиоаналгезия
- ухудшение зрительного восприятия при шуме
- повышение восприятия громкости звука при ярком свете

3. Кодирование информации в различных отделах сенсорных систем

Кодирование – процесс преобразования информации в условную форму (код), удобную для передачи по каналу связи.

- Раздражитель → рецепторный потенциал →- выделение медиатора → генераторный потенциал → нервный импульс в афферентном нервном волокне → медиатор → потенциал действия следующего нейрона и т.д.
- на всех уровнях анализаторов не происходит восстановления стимула в его первоначальной форме
 - отличие физиологического кодирования от технических систем связи (сообщение восстанавливается в первоначальном виде)

Коды нервной системы

- на основе **недвоичных** кодов
 - большее число комбинаций
- универсальный код НС – **нервные импульсы**
 - содержание информации определяется
 - частотой импульсов,
 - объединением их в пачки,
 - числом импульсов в пачке,
 - интервалами между пачками
- **химический код** – различные медиаторы
- для хранения информации в ЦНС
 - кодирование на основе *структурных изменений* в нейронах (механизмы памяти).

Кодируемые характеристики раздражителя

- В анализаторах кодируются
 - **качественная** характеристика раздражителя
 - вид:, например, свет, звук
 - **сила** раздражителя,
 - **время** его действия,
 - **пространство**
 - место действия раздражителя на организм и локализация его в окружающей среде.
- принимают участие все отделы анализатора.

В периферическом отделе анализатора

- **кодирование качества раздражителя**
 - за счет специфичности рецепторов
- **кодирование силы раздражителя**
 - частота имп. при изменении силы (**частотное кодирование**)
 - изменение числа возбужденных рецепторов
 - величиной латентного периода и временем реакции
- **пространство** на теле кодируется
 - величиной площади возб. рецепторов (**пространственное кодирование**)
 - действие раздражителя под определенным углом
- **время действия раздражителя**
 - возбуждение с началом действия раздражителя и прекращение сразу после выключения действия раздражителя (**временное кодирование**)
 - наличие **on-, off- и on-off-рецепторов**

В проводниковом отделе анализатора кодирование

- **только в синапсах**
 - «пачки» импульсов с разл. интервалами, числом импульсов, разл. интервалами между «пачками»
 - в нервном стволе ↑ или ↓ числа возбужденных нервных волокон
- по мере поступления импульсов к вышележащим отделам ЦНС → ↓ частоты разрядов нейронов (короткие «пачки» импульсов)
- **on-off нейроны**,
- нейроны- «детекторы» - избирательность к параметрам стимула
- **дублирующие** нейроны
- **торможение** (фильтрация и дифференциация сенсорной информации)
 - устранение несущественных, избыточных сигналов (↓шум)
 - за счет разновидностей торможения (латеральное, возвратное)

В корковом конце анализатора

- **частотно-пространственное кодирование**

- ансамбли нейронов и их связи с определенными видами рецепторов
- импульсы поступают с определенными интервалами
- перекодирование в структурные и биохимические изменения в нейронах

Анализ – с помощью ощущений –

- качественное различение раздражителей (свет, звук и др.)
- определение силы, времени и места д-я раздражителя,
- определение локализации раздражителя в пространстве

Синтез

- узнавание известного предмета, явления или
- формирование образа нового предмета, явления
 - взаимодействие нескольких анализаторов
 - сличение со следами памяти о подобных образах
 - механизмы долговременной памяти.

Итак, процесс передачи сенсорного сообщения сопровождается

- многократным перекодированием и
- завершается высшим анализом и синтезом в корковом отделе анализаторов
- после этого реализуется выбор или разработка программы ответной реакции организма

Опыт Стратона с линзами, переворачивающими изображение

- перевернутое изображение на сетчатке
- тактильный и зрительный опыт новорожденного
- Опыт Стратона
 - надел очки с линзами:
 - окружающий мир перевернулся «вверх ногами»
 - через 8 дней сравнения тактильных и зрительных ощущений Стратон стал воспринимать все вещи и предметы как обычно
 - снял очки-линзы - мир снова «перевернулся»
 - нормальное восприятие вернулось через 4 дня.

4. Регуляция функций сенсорных систем

Регуляция деятельности анализаторов

Центральные механизмы регуляции

- чаще имеют тормозной характер
 - **латеральное торможение** - ограничение рецептивных полей
 - латеральное пресинаптическое торможение – ослабление боли
 - **возвратное торможение** контролирует усиление реакции нейрона
- угнетение сенсорной функции наблюдается при длительной **эмоционально-напряженной деятельности**
- **психологическая настройка** – изменяет разрешающую способность анализатора
 - сосредоточение внимания, определенная установка
- ↑ возбудимость рецепторов СНС и КА

- **Местные механизмы саморегулирования афферентного потока от рецепторов**

- *латеральное торможение* на периферии за счет
 - разветвления чувствительных волокон и
 - перекрытия соседних рецептивных полей, образующих горизонтальные связи между рецепторами
- гуморальные компоненты - напр., АТФ
- *вспомогательные механизмы регуляции* активности рецепторов без изменения их возбудимости
 - расширение или сужение зрачка → изменение акт. рецепторов сетчатки за счет величины свет. потока;
 - изменение натяжения барабанной перепонки и фиксация слуховых косточек → изменяют число возбужденных слуховых рецепторов.

5. Методические подходы к исследованию сенсорных систем

- *объективный подход*
 - регистрация параметров различных показателей деятельности анализаторов
 - электрическая импульсация в проводниковом отделе
 - электромиография глазодвигательных мышц
 - электроэнцефалография
 - ольфактометрия
 - термометрия
 - аудиометрия
 - определение остроты зрения, полей зрения и пр.
- *субъективный (психофизиологический) подход*
 - изучение ощущений и представлений, возникающих у испытуемого, с учетом его собственного опыта и опыта других лиц
 - опрос испытуемого о возникающих у него ощущениях при действии на организм различных раздражителей.

ОСОБЕННОСТИ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ СТАРЕЮЩЕГО ОРГАНИЗМА

Зрительный анализатор

- макс. активность в возрасте 17-20 лет, после чего ↓
 - ↓ эластичность хрусталика, ослабляются цилиарные мышцы → ограничение аккомодации – дальнозоркость (пресбиопия)
 - ↓ преломляющая сила сред глаза
 - в стекловидном теле появляются светонепроницаемые тельца (проплывающие черные точки)
 - ангиогенез в сетчатке - очаги экссудации и кровоизлияний
 - ↓ скорость и выраженность сужения зрачка при действии яркого света и аккомодации глаза
 - ↓ критическая частота мельканий
 - ↓ контрастная чувствительность

Слуховой анализатор

- в 35-40 лет острота слуха снижается примерно на 10 %
- ухудшается восприятие высоких тонов:
 - в 30 лет люди реагируют на звуковые колебания до 16—20 кГц,
 - в 35 лет — до 15,
 - в 65 лет — до 10 и
 - к 80 годам — лишь до 5 кГц.
- после 55 лет ухудшается проводимость звука в связи
 - с уменьшением эластичности барабанной перепонки и базальной мембраны улитки,
 - со снижением подвижности слуховых косточек
- изменения развиваются в звуковоспринимающей части анализатора
 - развитие атрофических процессов в кортиевом органе и спиральном ганглии улитки
- различные нарушения слуха - старческая тугоухость (пресбиокузия), выявляются обычно
 - в 65 лет – 74 года у 13 %,
 - после 75 лет – у 26 % людей
 - значительные изменения слуха в старческом возрасте выявляются
 - обычно лишь у 10 %, а
 - серьезное ослабление слуха — у 2 % лиц, когда уже затруднены понимание разговорной речи и пользование телефоном.

Вкусовая и обонятельная чувствительность

- с возрастом меняется в меньшей степени, чем зрение и слух
- но...для получения выраженных ощущений сладкого, необходимо в чашку чая добавлять значительно больше сахара, чем в молодом возрасте
- изменения связаны при этом
 - с уменьшением числа рецепторных клеток,
 - с преобразованиями высших отделов этих сенсорных систем.

Кожная чувствительность

- преобразуется в соответствии с развитием в коже структурных изменений
- после 60 лет в связи с уменьшением числа функционирующих сосудов
 - развиваются дистрофические изменения нервных окончаний
 - в результате чего заметно снижается тактильная, особенно вибрационная чувствительность
 - достоверных данных о существенном снижении болевой и температурной чувствительности не получено.