

**Физические основы работы
органов чувств. Общие
закономерности работы органов
чувств. Теории восприятия вкус
Теория обоняния. Теории
восприятия звука**

Организм - сложная саморегулирующаяся система, которая характеризуется обменом веществ, энергии и информации с окружающей средой.

Целесообразное реагирование организма при постоянно меняющихся условиях внешней среды возможно только при наличии непрерывного поступления в организм информации от этой среды.

Функцию получения и переработки информации об условиях внешней среды в организме выполняют **органы чувств**.

При исследовании работы органов чувств представляют интерес два аспекта:

- **Кибернетический** (изучение принципов кодирования и переработки информации в органах чувств)
- **Биофизический** (исследование конкретных физико-химических процессов взаимодействия факторов внешней среды с органами чувств, приводящий к трансформации энергии внешнего воздействия в специфические сигналы, пригодные для анализа нервной системой)

ТИПЫ СЕНСОРНЫХ РЕЦЕПТОРОВ

- **Хеморецепторы** – реагируют на близлежащие химические вещества
- **Болевые рецепторы (ноцицепторы)** - тип хеморецепторов, реагирующих на химические вещества, вырабатываемые при повреждении ткани
- **Фоторецепторы** – реагируют на световую энергию
- **Механорецепторы** – реагируют на механические воздействия (например-давление)
- **Терморецепторы** – реагируют на изменения температуры

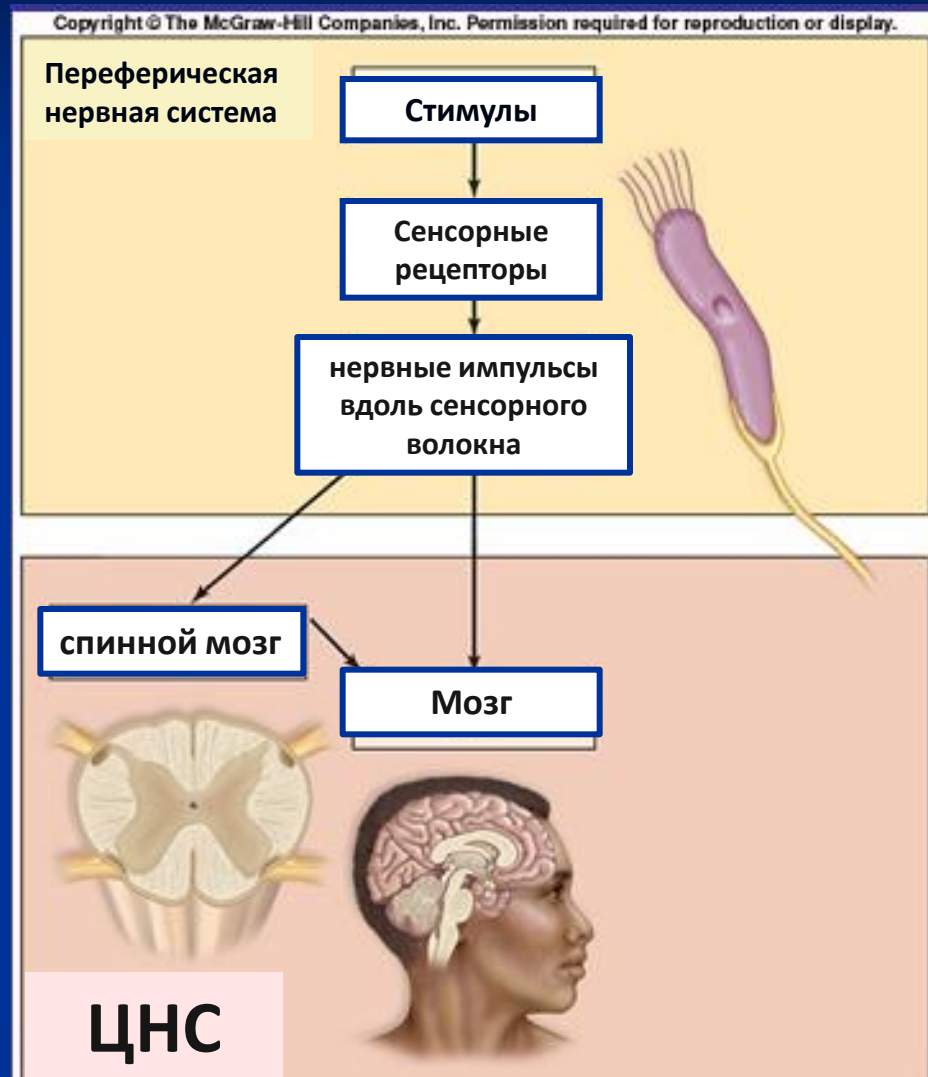
Сенсорные рецепторы - дендриты, специализирующиеся на обнаружении определенных типов раздражителей

Экстерорецепторы - воспринимают информацию, из вне (зрение, слух, вкус, обоняние, тактильные ощущения).

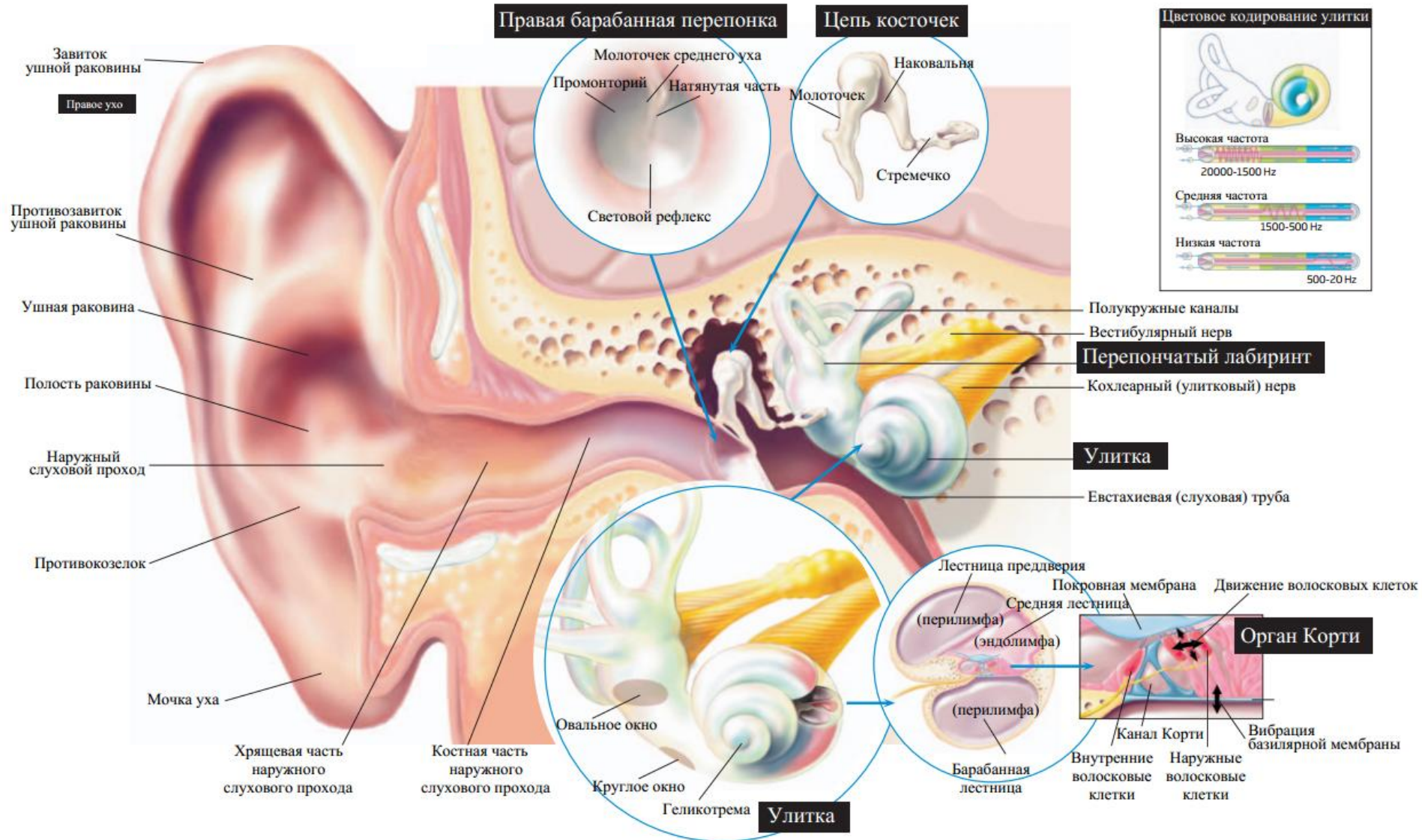
Интерорецепторы - воспринимают информацию, от внутренних органов (изменение артериального давления).

Механизм появления ощущений

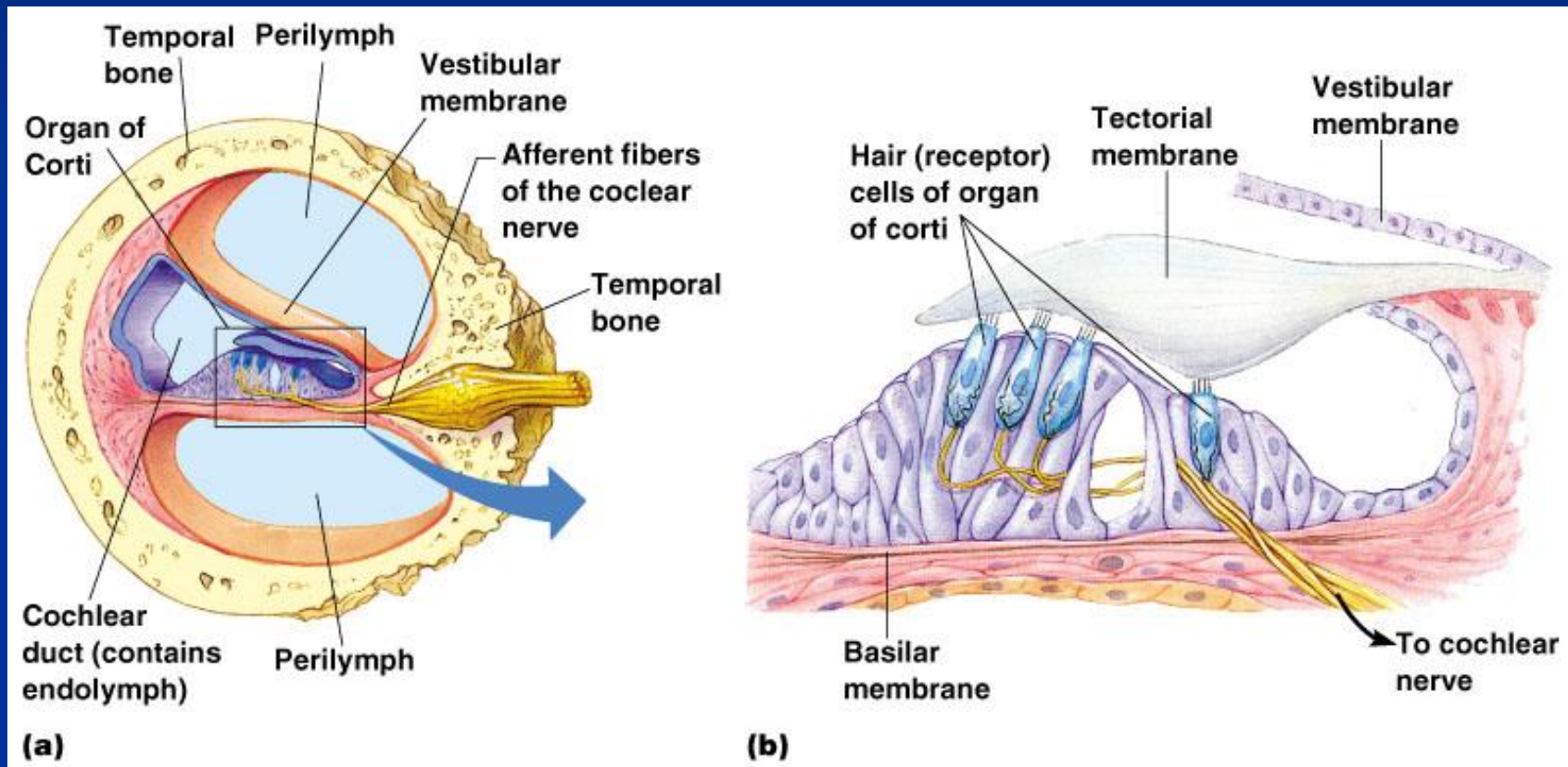
- Рецепторы воспринимают стимулы из окружающей среды
- Нервный импульс передается в кору головного мозга
- Возникает ощущение стимулов (сознательное восприятие)
- Адаптация органов чувств; при повторении действия раздражителя может возникать снижение реакции стимула

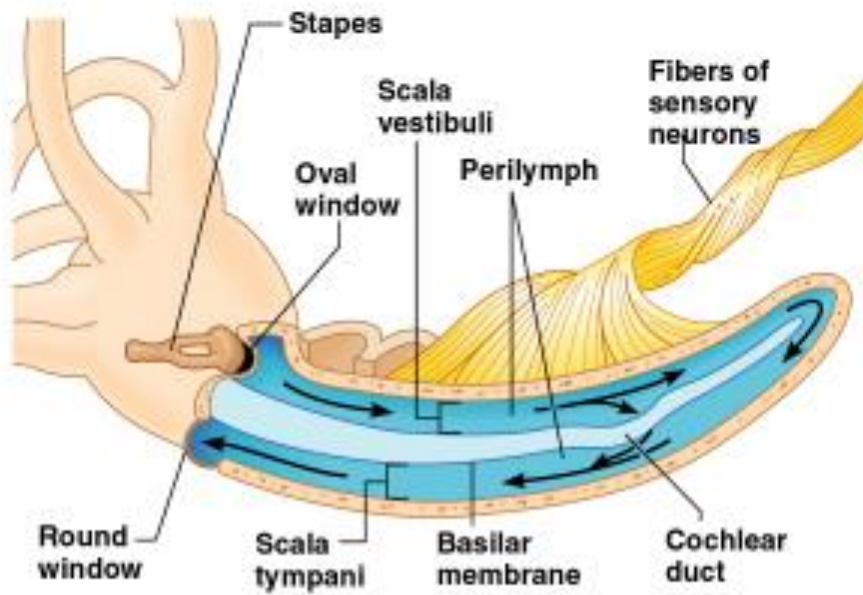


Анатомия слухового анализатора

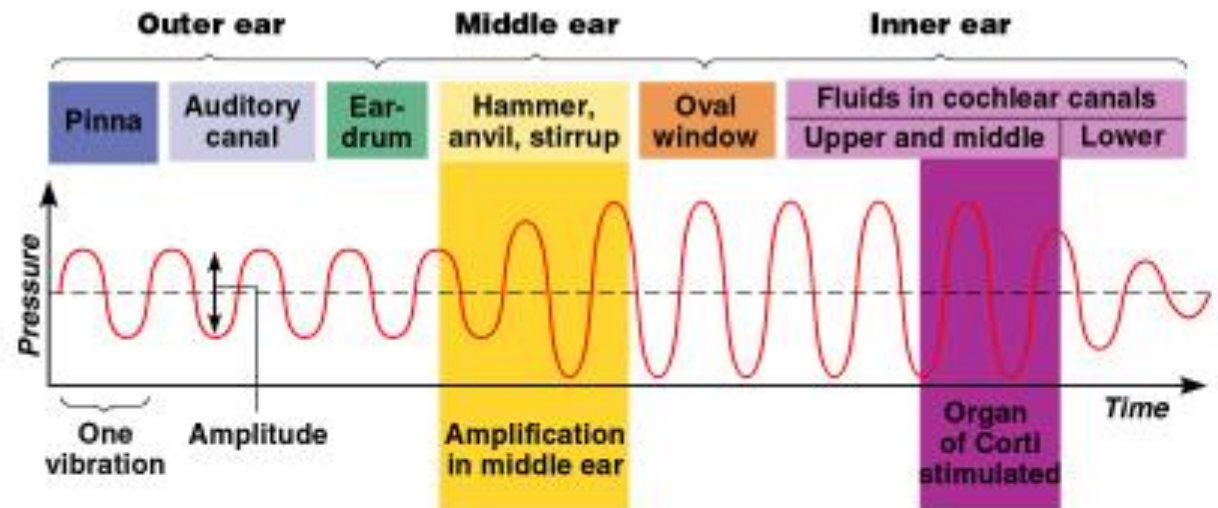


Анатомия слухового анализатора





(a)

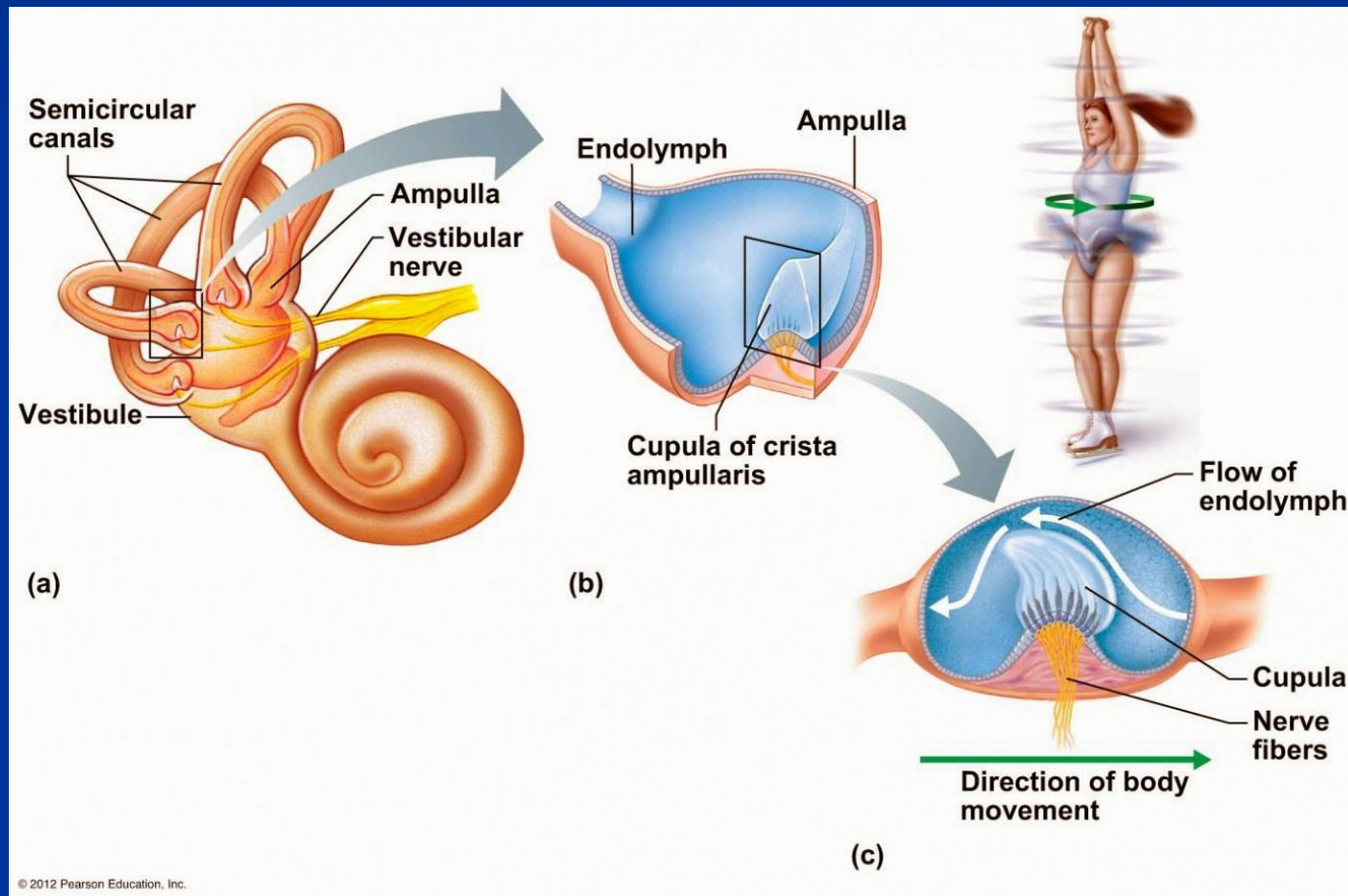


(b)

Органы равновесия и слуха

Имеет две функциональные составляющие

- Статическое равновесие - ощущение гравитации в покое
- Динамическое равновесие - наклоны и повороты головы



Теории слуха:

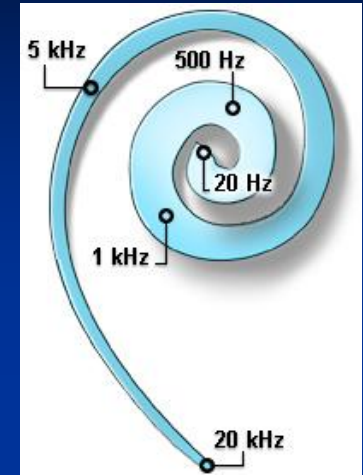
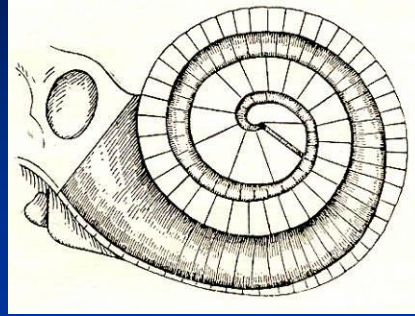
1. *Центральные*

Звуковые колебания передаются на волосковые клетки, где они превращаются в синхронные нервные импульсы, которые поступают в головной мозг и анализируются на уровне **коры**:
W. Rutherford (1866) ; Troland (1929).

2. *Периферические*

Первичный анализ звуков осуществляется в **улитке**.

Резонансная теория Гельмгольца (1863)



Герман Гельмгольц
(1821-1894)

- 1.** Улитка является тем звеном слухового анализатора, где осуществляется первичный анализ звуков.
- 2.** Каждому простому звуку соответствует определенный участок базальной мембраны (тонотопическое представление звуков на базальной мембране).
- 3.** Низкие звуки приводят в колебание участки базальной мембраны у вершины улитки, а высокие - у ее основания .

Тонотопическое представительство звуков на базальной мембране было доказано в экспериментах.

Опыты Л.А.Андреева (1941) показали, что избирательное разрушение основания (или верхушки) улитки у собак с предварительно выработанными условными рефлексами вызывало выпадение рефлексов, соответственно, на высокие (или низкие) звуки.

Далее установили **НЕВОЗМОЖНОСТЬ** резонирования отдельных «струн» базальной мембраны. С учетом того, что человеческое ухо различает больше 1500 градаций высоты, а длина базальной мембраны составляет около 33 мм, зона резонанса для каждой из частот должна быть не более 0,02 мм. Но все три мембраны спирального органа (основная, покровная и рейснерова) в той или иной степени связаны между собой и не могут обеспечить тонкого локального возбуждения, соизмеримого с расположением нескольких сенсорных клеток.

Гидродинамическая теория —

➤ теория **бегущей волны**:

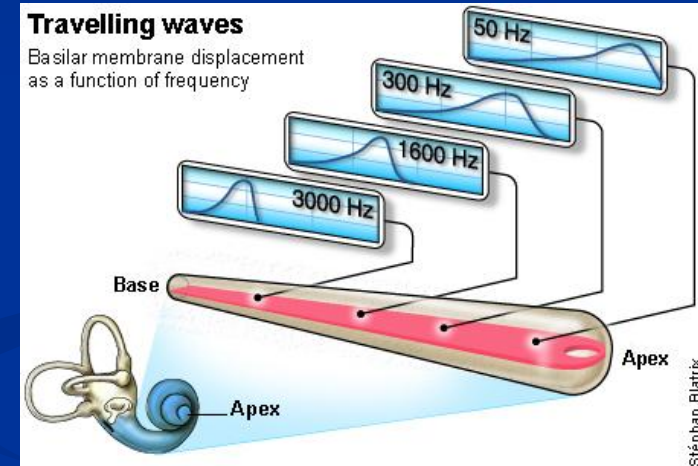
А. Hurst (1894);

Г.Векеси (1930-е гг.),

в 1961 Бекеси присуждена Нобелевская премия



Георг фон Бекеси
(1899- 1972)



➤ теория **стоячей волны**: звуковая волна, пройдя всю улитку, отражается от вторичной мембраны круглого окна, бежит обратно и, встречаясь с вновь поступающей волной, формирует при сложении фаз стоячие волны J.R.Evald (1898); акустико-волновая модель слуха Е.Л.Овчинникова (2000).

Гипотеза М.С.Плужникова (1975):

В качестве первичного резонатора предлагается рассматривать дискретные структуры кортиева органа – так называемые «ауруны».



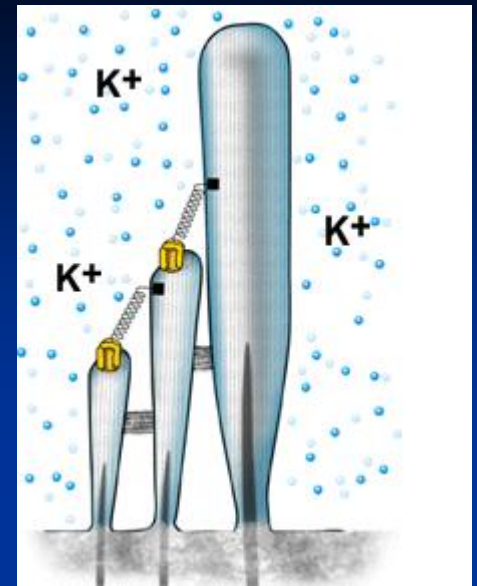
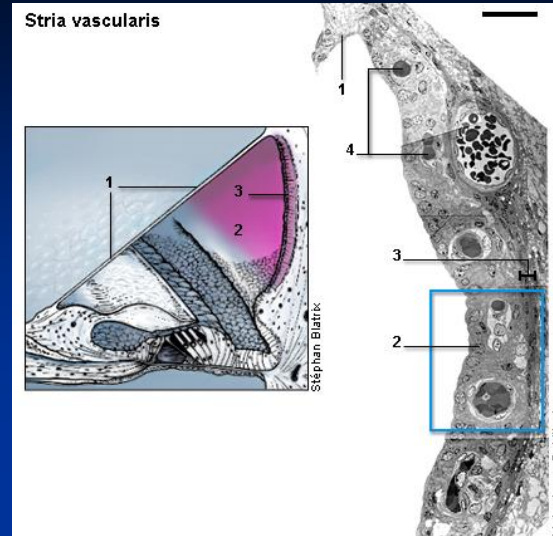
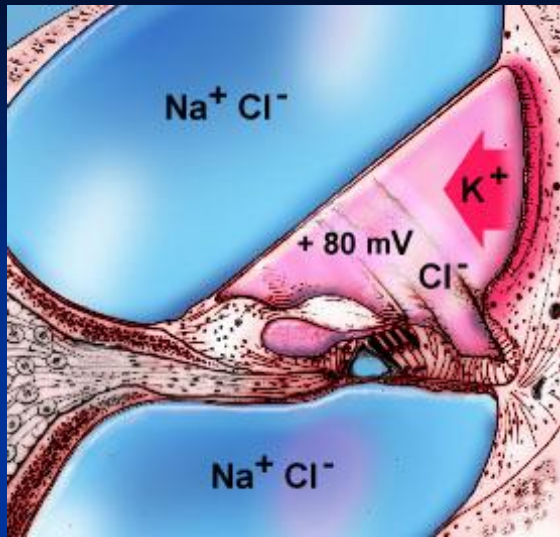
Проф. М.С.Плужников
(1938 – 2008)

«Аурон» представляет собой опорную клетку Дейтерса, длинный отросток которой крепится к кутикуле волосковой клетки кортиева органа.

Теории преобразования биомеханических процессов , возникающих в спиральном органе, в нервно-электрические импульсы

- Механо-хеморецепторная теория Я.А.Винникова и Л.К.Титовой (1961) – в исследованиях на животных было показано, что после звуковой нагрузки наблюдались гистохимические изменения в соответствующих частоте стимула участках спирального органа (выброс ацетилхолина; уменьшение запасов гликогена в волосковых клетках; изменение структуры ядерной ДНК и др.)
- Механо-электрическая теория Дэвиса (H.Davis, 1965)

Электрофизиология улитки



Потенциал покоя – постоянный ток, обусловленный поляризацией различных структур улитки: потенциал срединной лестницы ($+80 \text{ mV}$) и потенциал волосковой клетки (-40 mV) обеспечивают разницу в напряжении по обе стороны апикальной мембраны волосковой клетки, равную 120 mV .

Рецепторный потенциал формируется в волосковых клетках при прогибах мембран улитки, когда при смещении стереоцилий открываются катионные каналы, ионы калия поступают внутрь клетки и деполяризуют ее.

Методы исследования слуха:

1. Психоакустические

- *акуметрия* (основана на использовании живой речи и камертонов);
- *аудиометрия* .

2. Объективные

- *рефлекторная аудиометрия;*
- *электрофизиологические методики;*
- *электроакустические методики.*

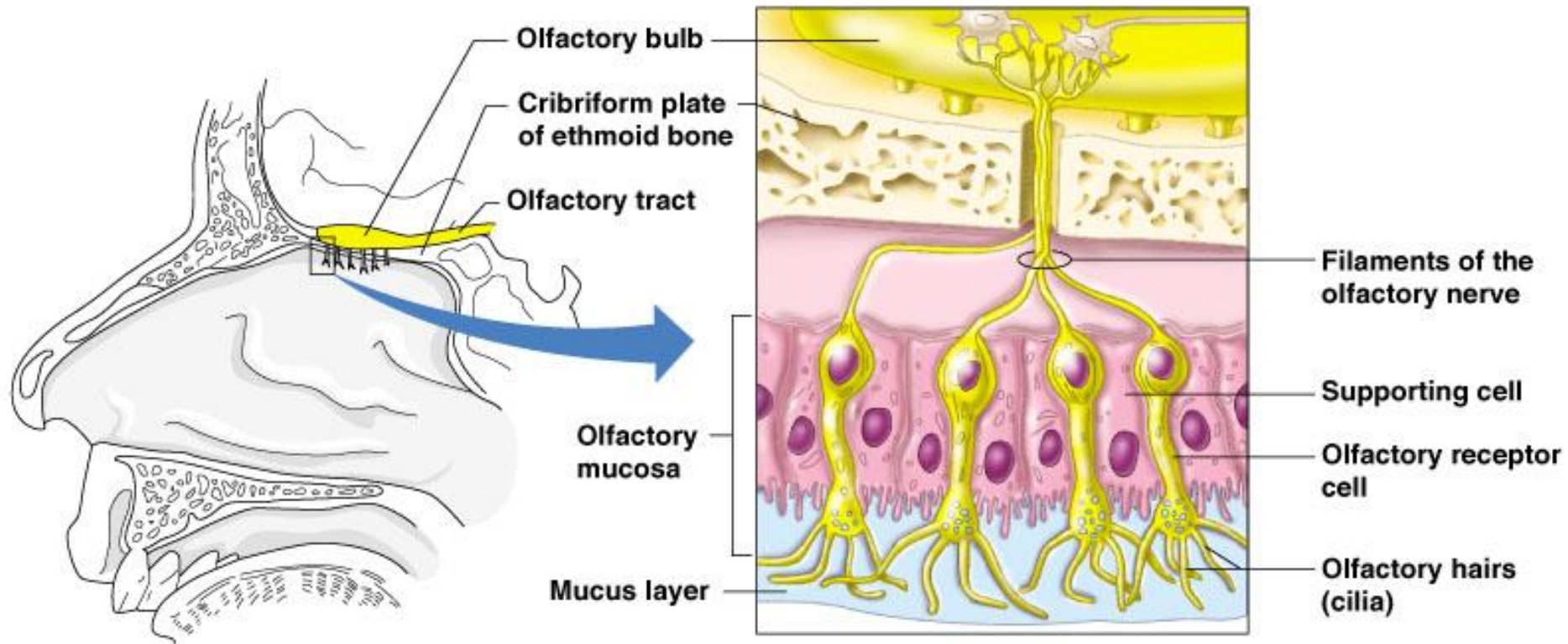
ВКУС И ЗАПАХ

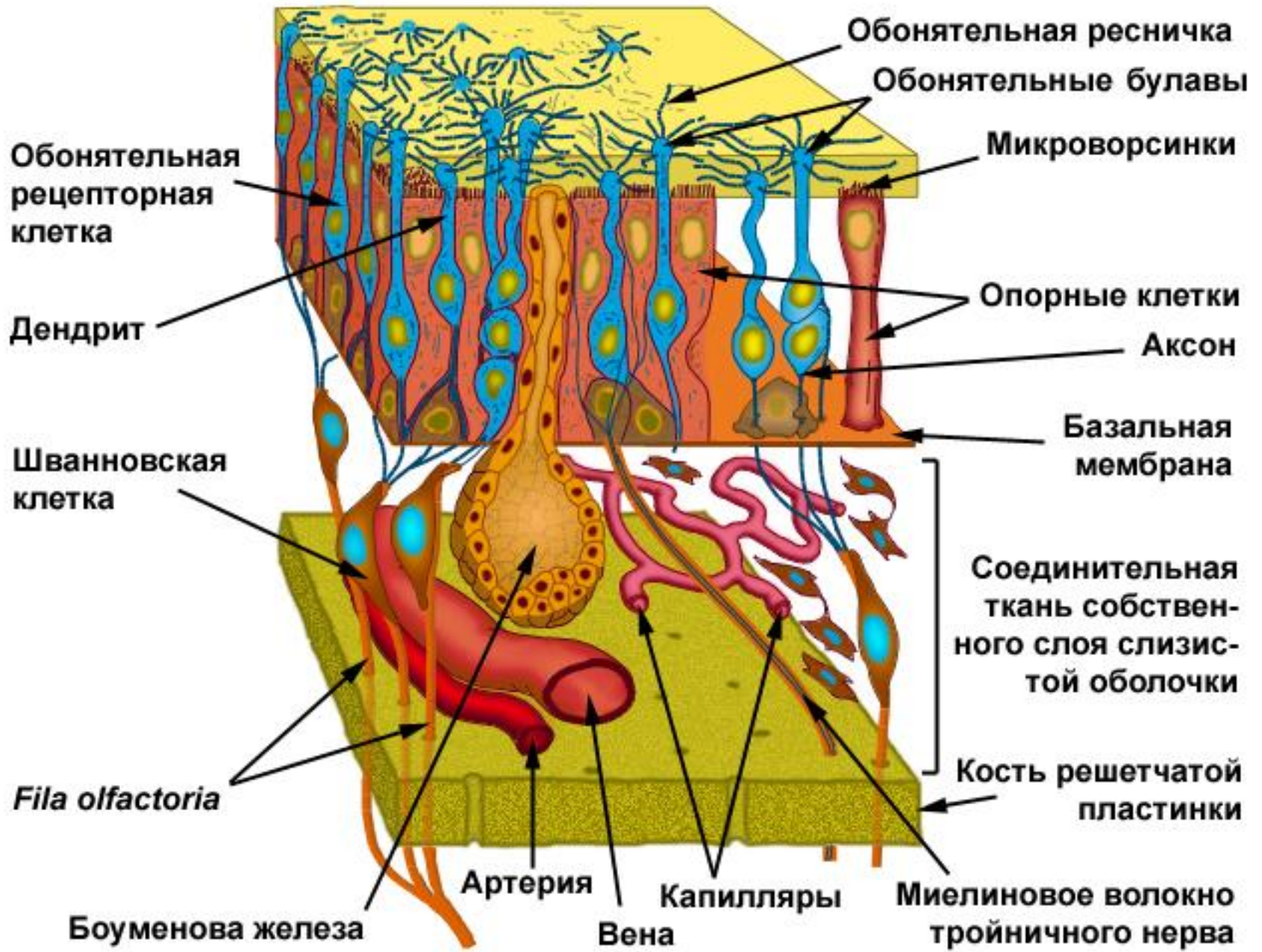
- Оба чувства используют хеморецепторы
- Стимулируются химическими веществами в растворе
- Вкус имеет четыре типа рецепторов
- Запах может различать широкий спектр химических веществ
- Оба чувства дополняют друг друга и реагируют на множество одинаковых раздражителей

Обоняние - Чувство запаха

- Обонятельные рецепторы находятся на верхней стенке носовой полости
- Нейроны с длинными ресничками
- Химические вещества должны быть растворены в слизи для обнаружения
- Импульсы передаются через обонятельный нерв
- Интерпретация запахов производится в коре

Обонятельный эпителий





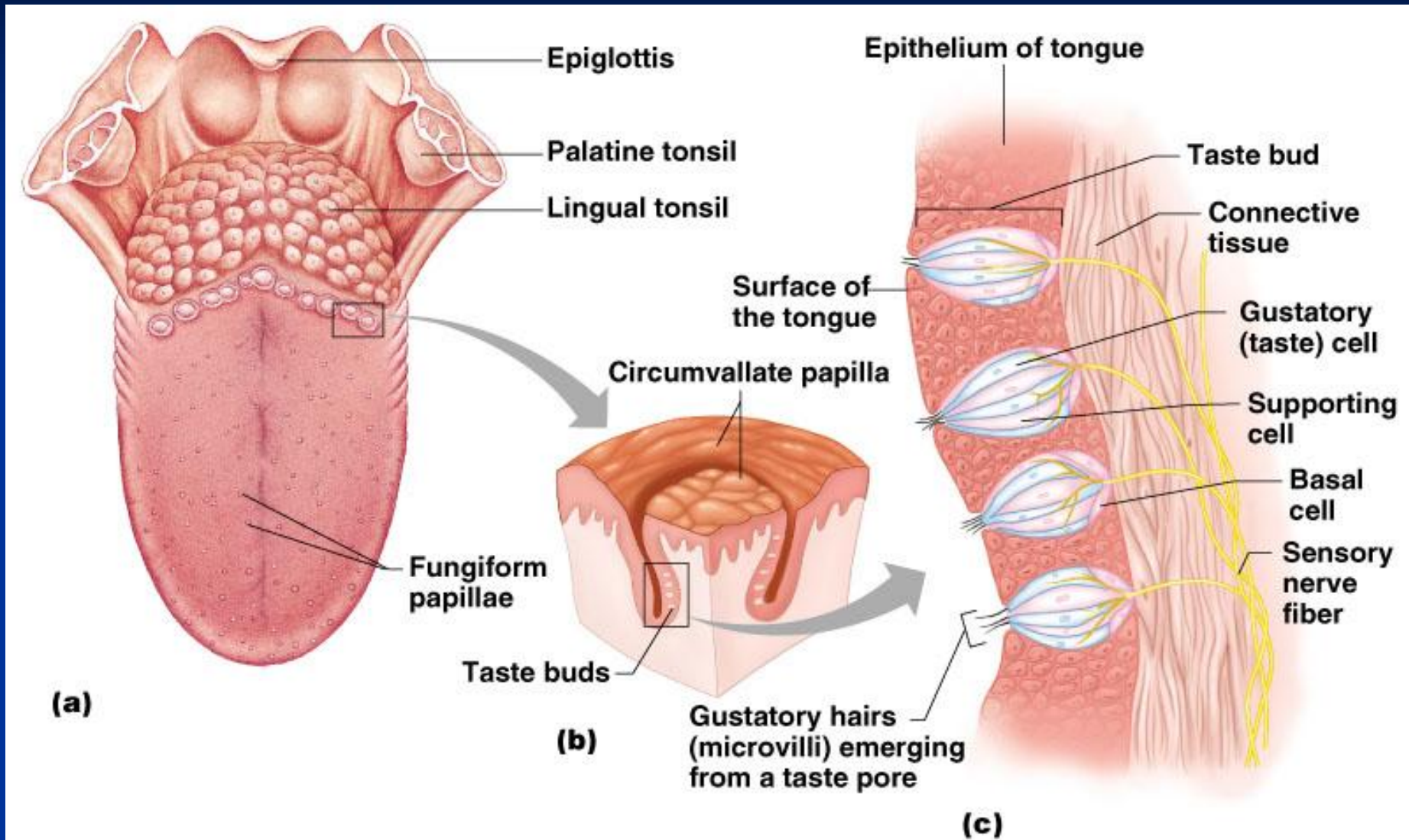
Язык и вкус

- Язык покрыт выростами, называемыми сосочками
- Нитевидные сосочки - острые без вкусовых рецепторов
- Грибовидные сосочки - округлые со вкусовыми рецепторами
- Желобовидные сосочки - большие сосочки со вкусовыми почками
- Вкусовые рецепторы находятся по бокам сосочков

Структура вкусового рецептора

- Вкусовые клетки являются рецепторами
- Есть вкусовые волоски (длинные микроворсинки)
- Волоски стимулируются химическими веществами, растворенными в слюне
- Импульсы переносятся в вкусовой комплекс несколькими черепными нервами, потому что вкусовые рецепторы встречаются в разных областях
 - *лицевой нерв*
 - *языко-глоточный нерв*
 - *блуждающий нерв*

Анатомия вкусового анализатора



Восприятие вкуса

- **Рецепторы воспринимающие сладкий вкус**
 - Сахар
 - Сахаросодержащие в-ва
 - Некоторые аминокислоты
- **Рецепторы воспринимающие кислый вкус**
 - Кислоты
- **Рецепторы воспринимающие горький вкус**
 - Алкалоиды
- **Рецепторы воспринимающие соленый вкус**
 - Ионы металлов



**Спасибо
За
Внимание!**

Литература

- *Владимиров Ю.А. Потапенко А.Я.* Физико-химические основы фотобиологических процессов. – М., 1989, стр. 130-143 (Глава 7)
- *Рощупкин Д.И., Артюхов В.Г.* Основы фотобиофизики. – Воронеж, 1997, стр. 77-82 (Глава 9)
- *Потапенко А.Я.* Действие света на человека и животных // СОЖ, №10, 1996, стр. 13-21
- *Потапенко А.Я.* Псоралены и медицина – 4000-летний опыт фотохимиотерапии // СОЖ, №11, 2000, стр. 22-29

Экзаменационные вопросы

1. Токсические и аллергические эффекты ультрафиолетового излучения. Дозовые зависимости фототоксических и фотоаллергических процессов.
2. Способы оценки спектров действия ультрафиолетового излучения. Особенности развития эритемы А, В и С.
3. Механизм прямой пигментации кожи. Механизм непрямой пигментации кожи.
4. Фотоканцерогенез. Дозовая зависимость. Синергизм действия ультрафиолета и химических канцерогенов.
5. Фототоксические эффекты ультрафиолета на примере протопорфиринов. Фотореактивирующие ферменты.
6. Реактивация ферментов под действием света. ПУФА-терапия