

*Non scholae, sed vitae discimus -  
- мы учимся не для школы, а для жизни*



# ЛЕКЦИЯ: ОРГАН СЛУХА И РАВНОВЕСИЯ



- Функция и топография слухового анализатора.
- Строение и гистофизиология органа слуха.
- Функция и топография вестибулярного анализатора.
- Строение и гистофизиология органа равновесия.
- Развитие органов слуха и равновесия.

# ***СЛУХОВОЙ АНАЛИЗАТОР -***

*- совокупность механических, рецепторных и нервных структур, воспринимающих и анализирующих звуковые колебания; включает следующие звенья:*

## ***УХО***

*(наружное, среднее, внутреннее)*



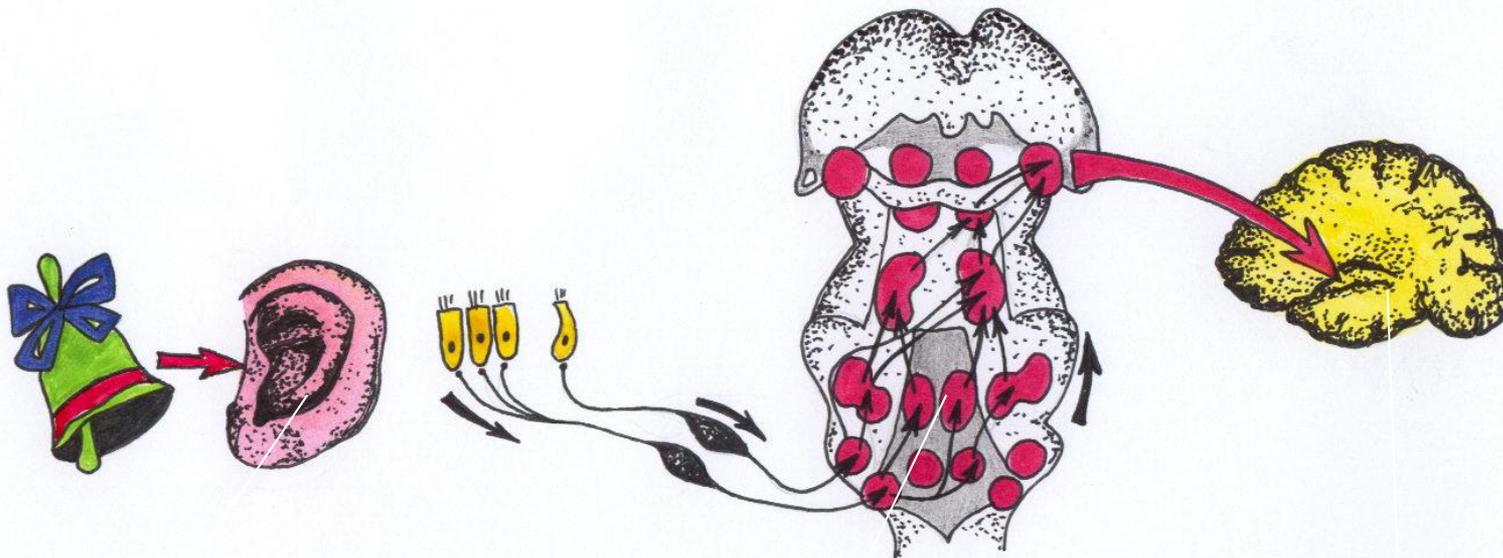
## ***СЛУХОВОЙ ТРАКТ***

*(слуховой нерв → дорсальные и вентральные кохлеарные ядра → ядра верхних олив → ядро латерального лемниска → нижние холмы четверохолмия → медиальные коленчатые тела таламуса )*



## ***ВЫСШИЕ КОРКОВЫЕ СЛУХОВЫЕ ЗОНЫ***

*(височная доля головного мозга, извилина Гешля)*



### УХО

- наружное
- среднее
- внутреннее

### СЛУХОВОЙ ТРАКТ

- слуховой нерв → дорсальные и вентральные кохлеарные ядра → ядра верхних олив → ядро латерального лемниска → нижние холмы четверохолмия → медиальные коленчатые тела таламуса

### ВЫСШИЕ КОРКОВЫЕ СЛУХОВЫЕ ЗОНЫ

- височная доля головного мозга



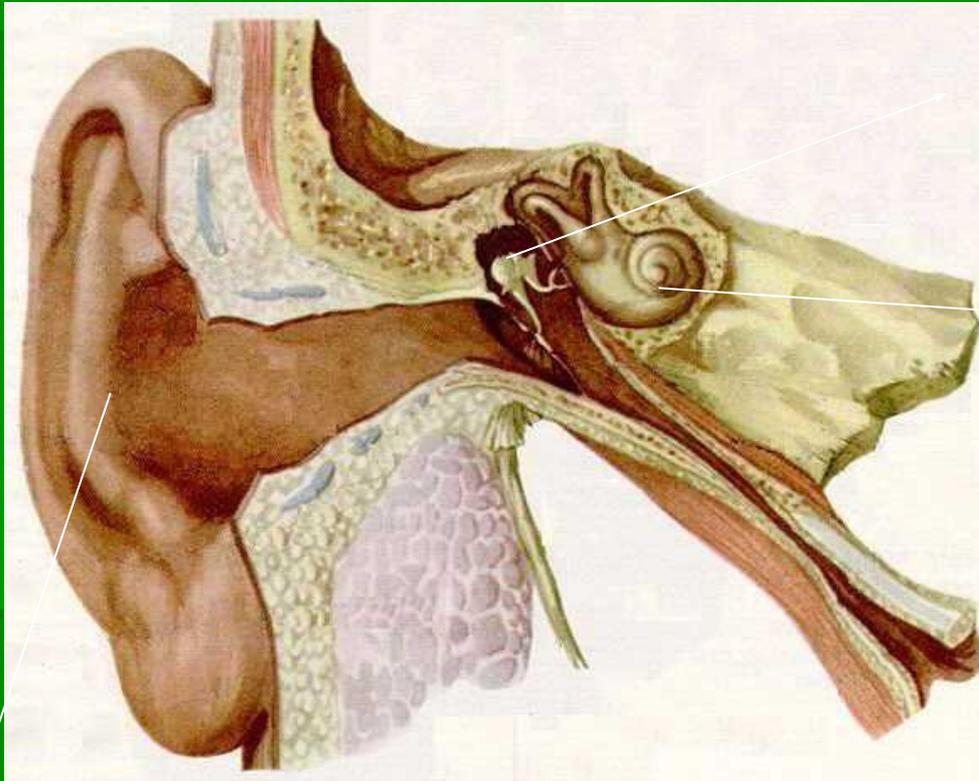
Звук - это колебательные движения упругих тел, распространяющихся в различных средах в виде волн, основными параметрами которых являются частота и амплитуда.

*Звуки делят на тоны и шумы.*

Тоны - это гармонические колебания, содержащие основную частоту и обертоны.

Шумы - частоты, не находящиеся в гармонических отношениях.

# ОРГАН СЛУХА

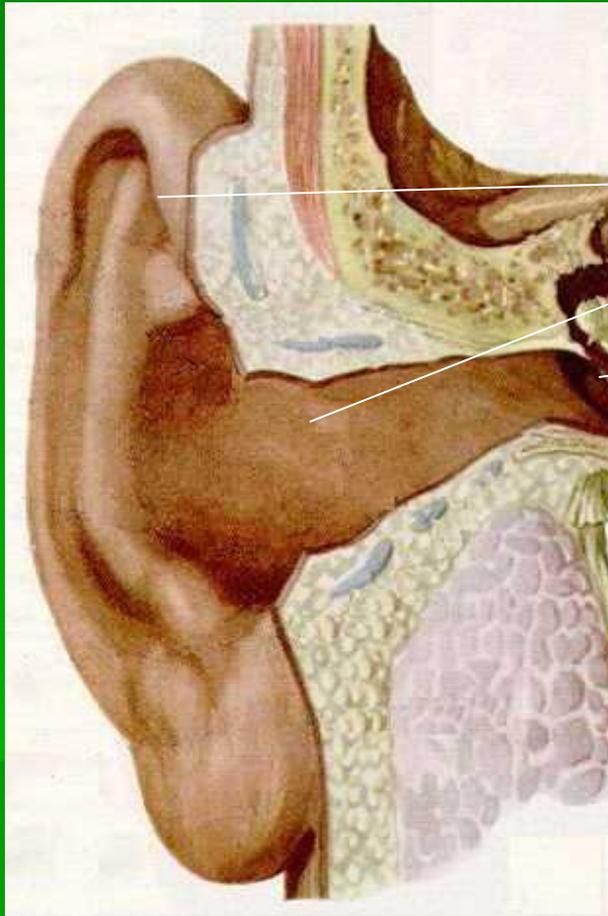


Среднее ухо

Внутреннее  
ухо

Наружное ухо

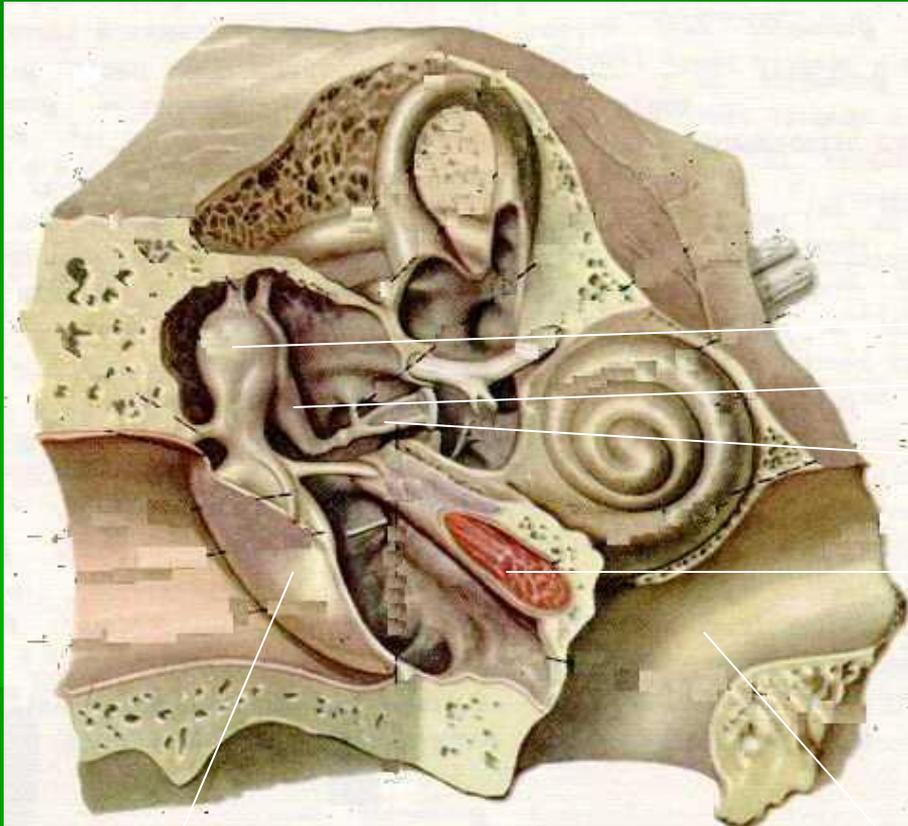
# НАРУЖНОЕ УХО



- *ушная раковина*
- *наружный слуховой проход*
- *барабанная перепонка*



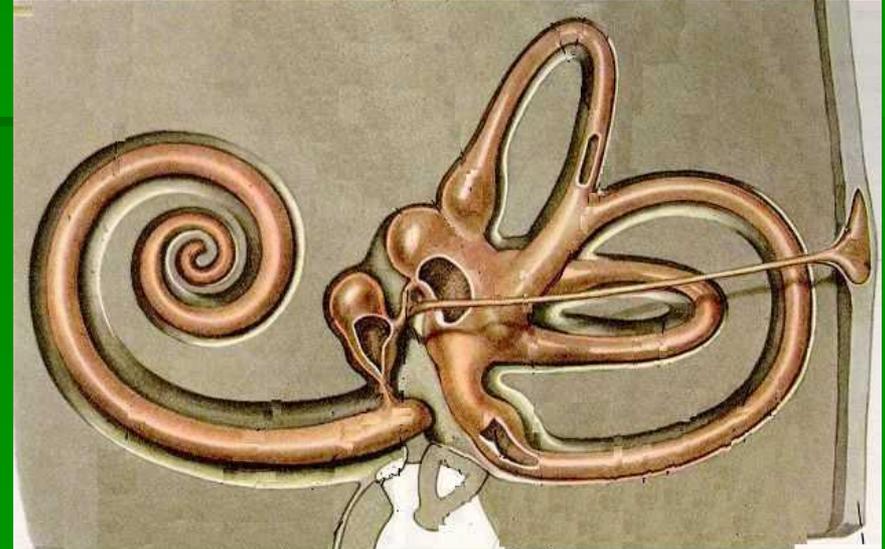
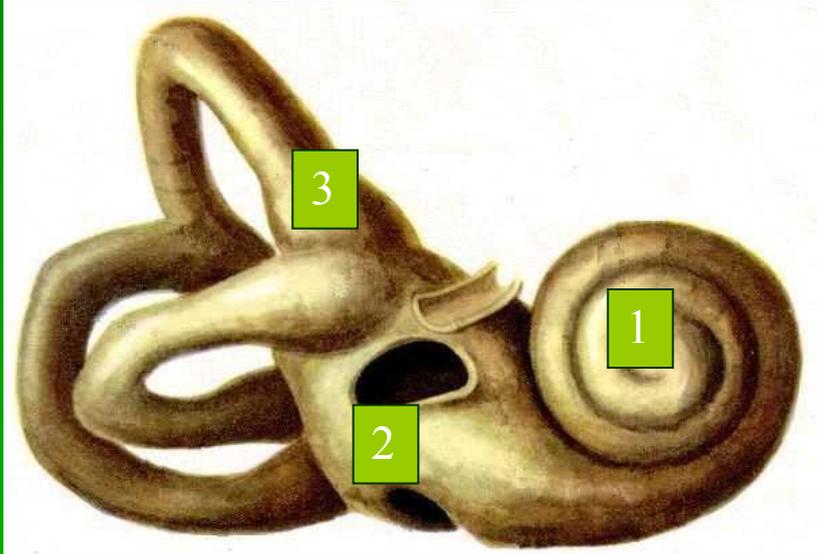
# СРЕДНЕЕ УХО



- барабанная полость
- слуховые косточки:
  - молоточек
  - наковальня
  - стремечко
- мышца,
  - натягивающая барабанную перепонку
- мышца стремени
- слуховая труба

барабанная перепонка

# ВНУТРЕННЕЕ УХО



*Костный лабиринт*

*Перепончатый лабиринт*

*1 - улитка с улитковым ходом*

*2 - преддверие (мешочек и маточка)*

*3 - полукружные каналы с ампулами*

# УЛИТКА -

- костная трубка, длиной ~ 35 мм, закрученная спирально в 2,5 витка вокруг костного стержня

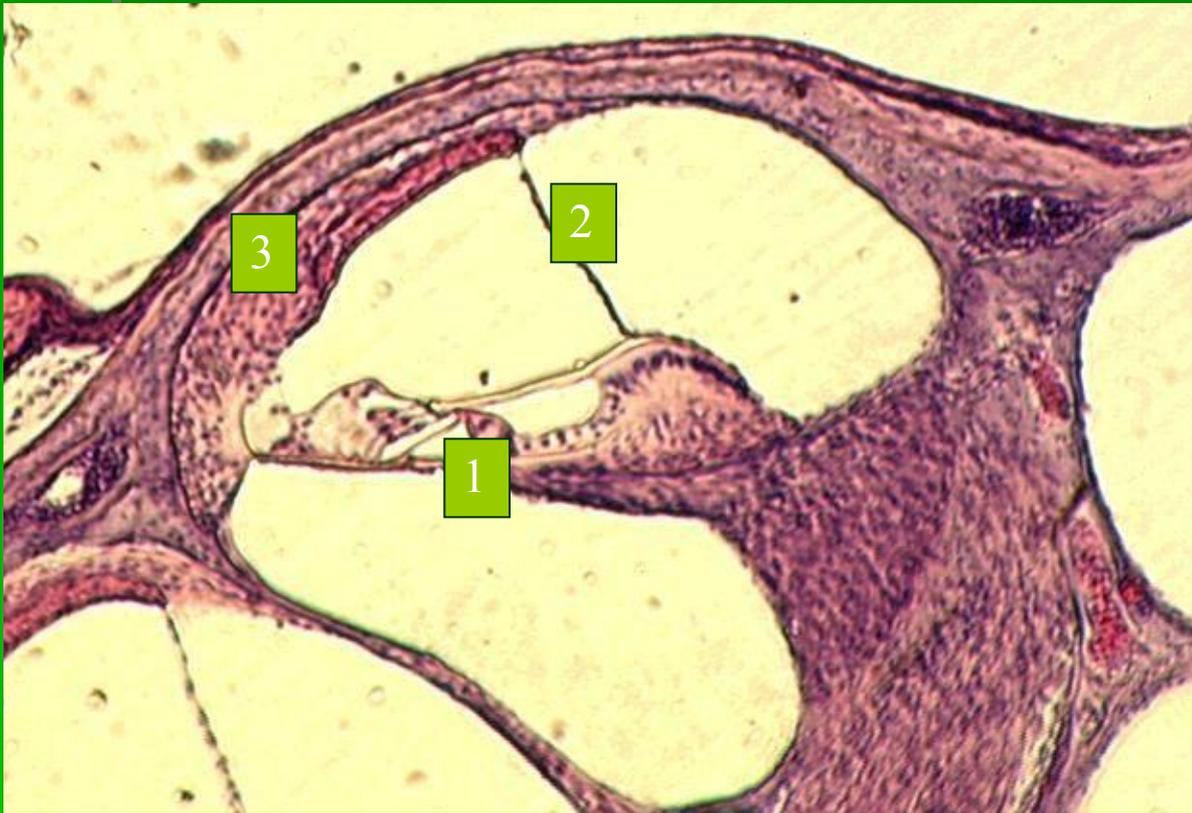


Срез через улитку  
Окр. гематоксилином и  
эозином

1. улитковый ход
2. вестибулярная лестница
3. барабанная лестница

Улитковый ход в поперечном срезе треугольной формы:

1. основание треугольника - базилярная мембрана;
2. наружная сторона треугольника - вестибулярная (Рейсснерова) мембрана;
3. внутренняя сторона треугольника - спиральная связка.



Срез через  
улитковый ход  
Окр. гематоксилином и  
эозином

# КАНАЛ УЛИТКИ

**Базиллярная мембрана** - сплетение коллагеновых и эластических волокон; со стороны барабанной лестницы покрыта однослойным кубическим эпителием; на ее внутренней поверхности располагается *кортиев орган*.

**Лимб** – возвышение надкостницы спиральной пластинки, от него тянется *текториальная мембрана*.

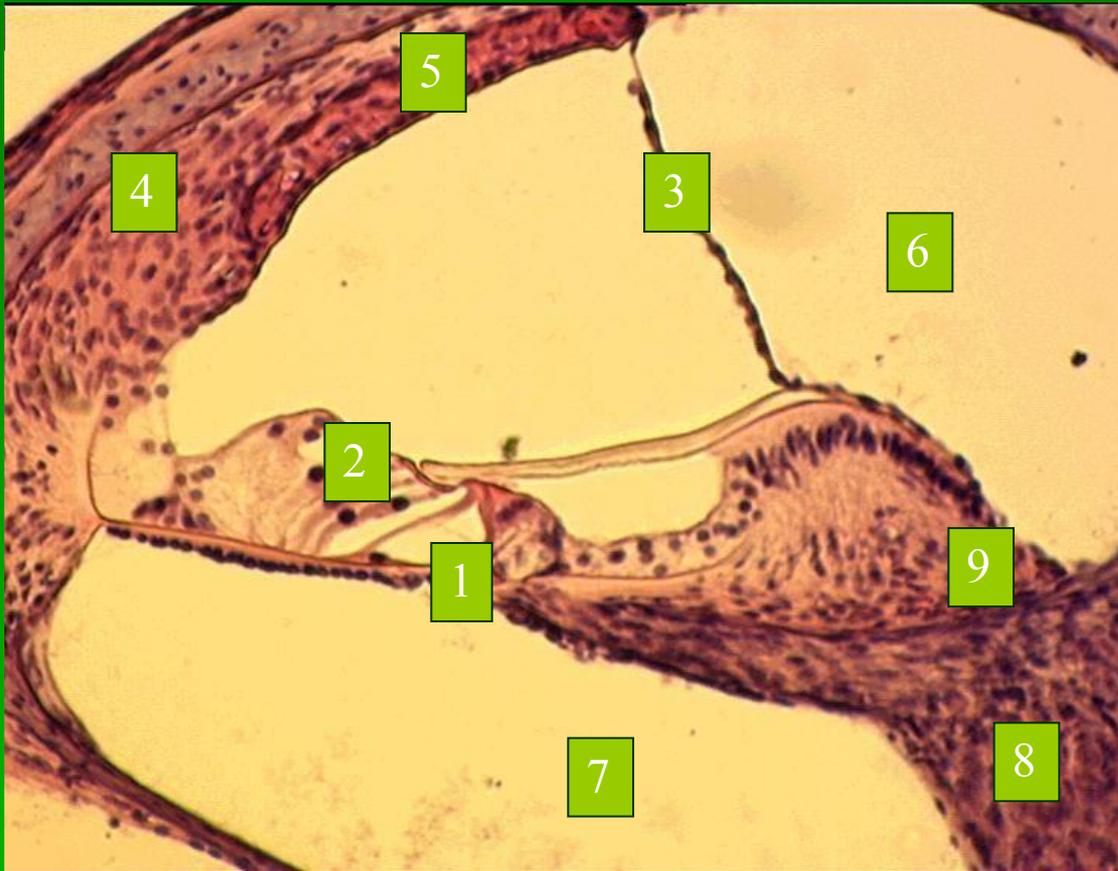
**Рейсснерова мембрана** - два слоя плоских эпителиоцитов.

**Спиральная связка** - утолщенная фиброзная надкостница, покрытая многорядным эпителием с многочисленными кровеносными сосудами - *сосудистой полоской*.

**Сосудистая полоска** содержит:

- плоские базальные светлые эпителиоциты,
- промежуточные эпителиоциты,
- призматические темные эпителиоциты.

**Барабанная и вестибулярная лестницы** - полости, представленные утолщенной надкостницей и выстланные плоским эпителием; заполнены перилимфой.



*Срез через канал  
улитки*

*Окр. гематоксилином и  
эозином*

- 1. базилярная мембрана*
- 2. кортиева орган*
- 3. рейсснерова мембрана*
- 4. спиральная связка*
- 5. сосудистая полоска*
- 6. барабанная лестница*
- 7. вестибулярная лестница*
- 8. спиральный ганглий*
- 9. лимб*



## *Фрагмент среза через улитковый ход*

*Окр. гематоксилином и эозином*

- 1. рейсснерова мембрана*
- 2. спиральная связка*
- 3. сосудистая полоска*



## *Фрагмент среза через улитковый ход*

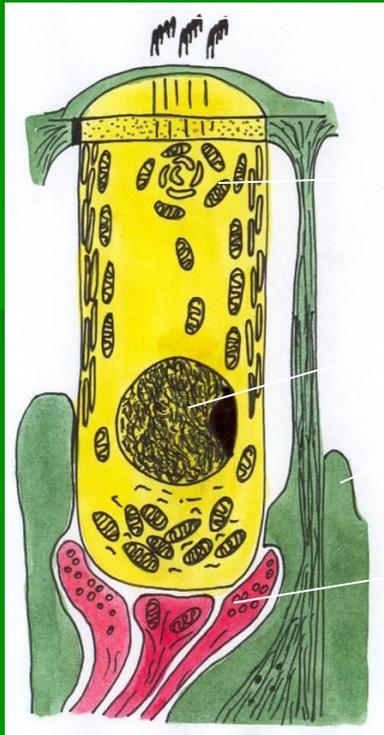
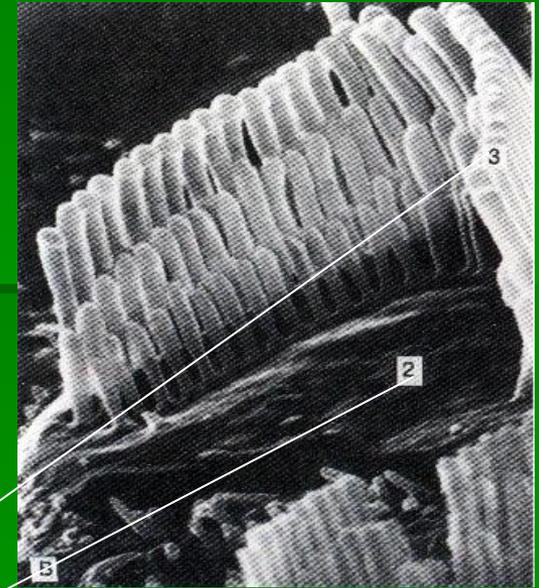
*Окр. гематоксилином и эозином*

- 1. лимб (возвышение надкостницы спиральной пластинки)*
- 2. текториальная мембрана*
- 3. спиральный ганглий*

# КОРТИЕВ ОРГАН

1. *Волосковые (сенсорные) клетки (расположены на поддерживающих клетках):*

- *внутренние (лежат в один ряд и имеют расширенное основание);*
- *наружные (образуют 3-5 рядов и имеют цилиндрическую форму).*



→ *стереоцилии*

→ *кутикула*

→ *органеллы общего назначения*

→ *ядро*

→ *пальцевидный отросток  
фаланговой  
поддерживающей клетки*

→ *нервные окончания*

*Наружные сенсорные  
эпителиоциты более  
чувствительны к звукам большей  
интенсивности,  
внутренние - к звукам меньшей  
интенсивности.*

*Высокие звуки воспринимают  
сенсорные клетки,  
расположенные на нижних  
завитках улитки,  
низкие звуки - волосковые  
клетки на её вершине и  
частично на нижних  
завитках.*

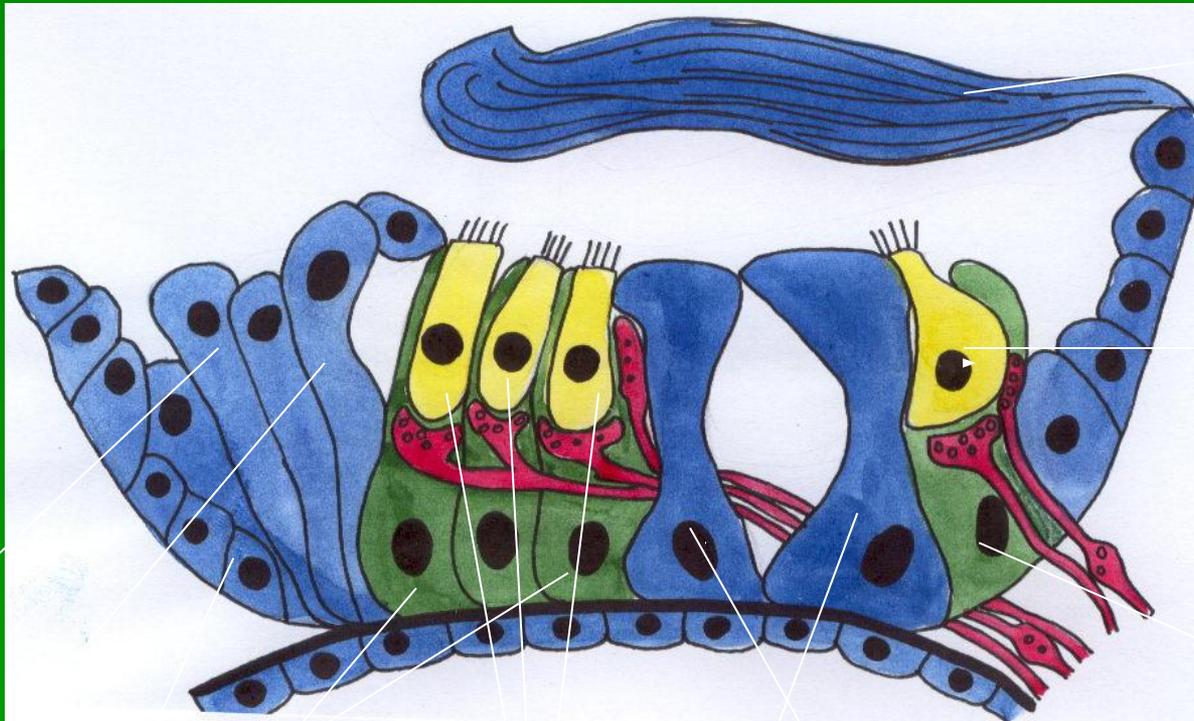


# КОРТИЕВ ОРГАН

2. *Поддерживающие клетки* (располагаются на базилярной мембране), их разновидности:

- *Клетки-столбы внутренние и наружные* - располагаются в центре кортиева органа, формируют *туннель*, соприкасаясь своими апикальными поверхностями.
- *Фаланговые внутренние и наружные (Дейтерса)* - являются опорой для сенсорных клеток и нервных окончаний, их апикальные части снабжены пальцевидным отростком - *фалангой* и образуют вместилище для волосковых клеток (наружные - клетки Дейтерса образуют вместилище для наружных волосковых клеток, располагаются в 3-5 рядов, а внутренние фаланговые клетки располагаются в 1 ряд, образуя вместилища для внутренних волосковых клеток).
- *Клетки Гензена* - наружные пограничные клетки.
- *Клетки Клаудиуса* - наружные поддерживающие клетки.
- *Клетки Беттхера* – предположительно являются камбиальным резервом.

# КОРТИЕВ ОРГАН



текториальная мембрана

внутренняя сенсорная клетка

внутренняя фаланговая клетка

клетки-столбы

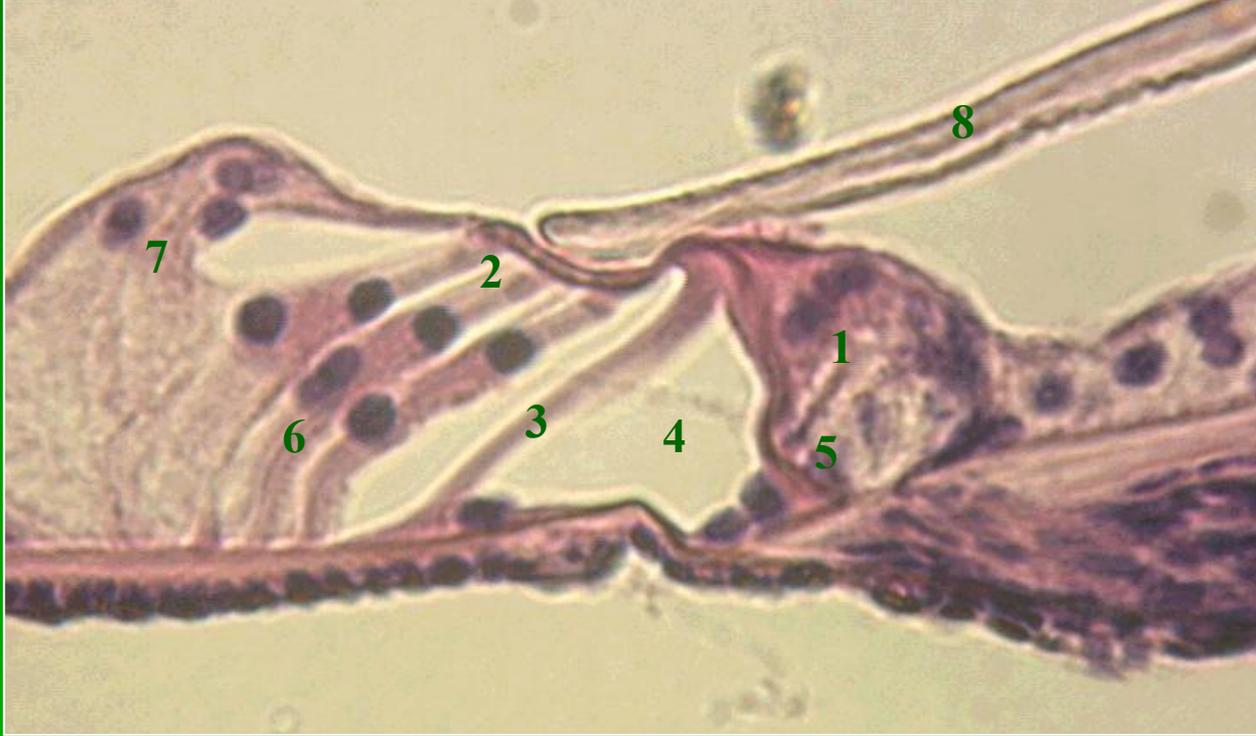
наружные сенсорные клетки

клетки Дейтерса

клетки Беттхера

клетки Гензена

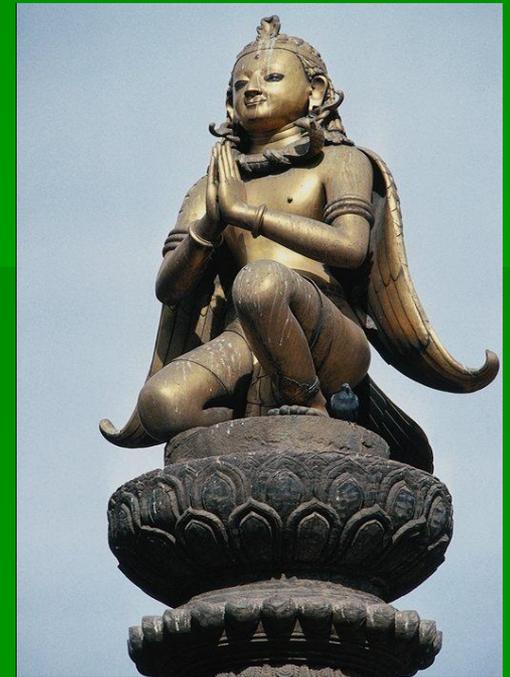
клетки Клаудиуса



## *Кортиев орган*

*Окр. гематоксилином и  
эозином*

- 1. внутренние сенсорные клетки*
- 2. наружные сенсорные клетки*
- 3. клетки-столбы*
- 4. туннель*
- 5. внутренние фаланговые клетки*
- 6. наружные фаланговые клетки Дейтерса*
- 7. клетки Гензена, клетки Клаудиуса*
- 8. текториальная мембрана*



# СПИРАЛЬНЫЙ ГАНГЛИЙ

содержит 40-60 тыс. афферентных нейронов, среди которых выделяют 3 типа:

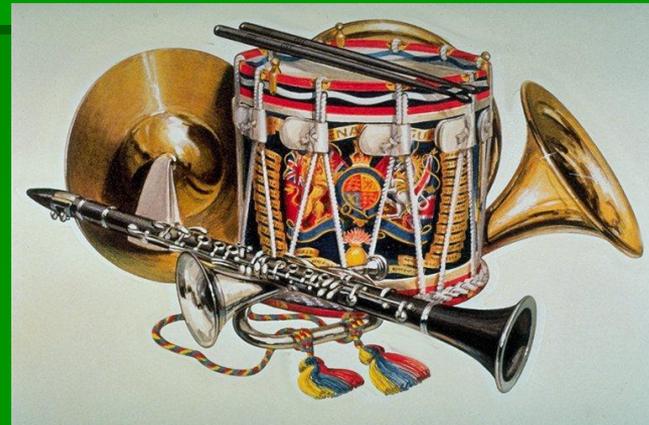
**1-й тип** – (92 % от общего числа) крупные (15-30 мкм) биполярные нейроны, покрытые 4-25 слоями миелина; быстро дегенерируют при перерезке кохлеарного нерва; получают информацию от внутренних волосковых клеток;

**2-й тип** – (4-8 %) псевдоуниполярные нейроны (10-20 мкм), их называют безмиелиновыми, хотя они имеют 1-3 слоя миелина; получают информацию от наружных волосковых клеток;

**3-й тип** – отличается от 1-го типа тем, что имеет меньше слоев миелина; предполагают, что это дегенерирующие нейроны.

# *Теории слуха*

- *Резонансная теория Гельмгольца  
(1868 г.)*
- *Механоэлектрическая теория Дависа  
(1957 г.)*
- *Цитохимическая теория Винникова  
(1963-65 г.г.)*



# *Путь передачи слухового раздражения*

*Наружный слуховой проход → барабанная перепонка → молоточек → наковальня → стремечко → мембрана овального окна → перилимфа вестибулярной лестницы → геликотрема → перилимфа барабанной лестницы → круглое окно ↔ колебания вестибулярной, базилярной и текториальной мембран → деформация стереоцилий волосковых клеток → возбуждение волосковых клеток и трансформация механических (акустических) сигналов в электрические потенциалы (микрофонный, суммационный и эндокохлеарный) → выделение медиатора ацетилхолина → афферентный нерв → ЦНС.*

# *Иннервация кортиева органа*

- *Афферентная иннервация*

*(осуществляется волокнами оливокохлеарного пучка в составе кохлеарного нерва):*

*95 % афферентных волокон кохлеарного нерва подходят ко внутренним волосковым клеткам, с каждой клеткой контактируют до 20 волокон,*

*5 % волокон иннервируют наружные волосковые клетки, при этом одно волокно контактирует с 10-ю клетками.*

- *Эфферентная иннервация*

*(осуществляется волокнами оливокохлеарного пучка в составе вестибулярного нерва):*

*80 % эфферентных волокон иннервируют наружные волосковые клетки, одна наружная волосковая клетка получает 6-10 эфферентных нервных окончаний,*

*20 % контактируют с внутренними волосковыми клетками, одна внутренняя волосковая клетка получает 1 эфферентное окончание.*

# ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР -

- совокупность механорецепторов и нервных структур, обеспечивающих восприятие и анализ ориентации тела в пространстве.

- Рефлексы, вызываемые вестибулярными раздражениями, делятся на статические и статокинетические.
- *Статические рефлексы* поддерживают равновесие при положении тела стоя и разных углах наклона; обеспечиваются *отолитовыми органами маточки и мешочка* преддверия внутреннего уха.
- *Статокинетические рефлексы* реализуются во время движений и обеспечиваются как *отолитовыми органами*, так и *ампулярными гребешками* полукружных каналов.



# ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АППАРАТ



→ вестибулярный нерв → вестибулярные ядра  
продолговатого мозга (верхнее - ядро Бехтерева, нижнее –  
ядро Роллера, латеральное – ядро Дейтерса, медиальное –  
ядро Швальбе)



вестибуло-мозжечково-  
таламический тракт

вестибуло  
спинальный тракт

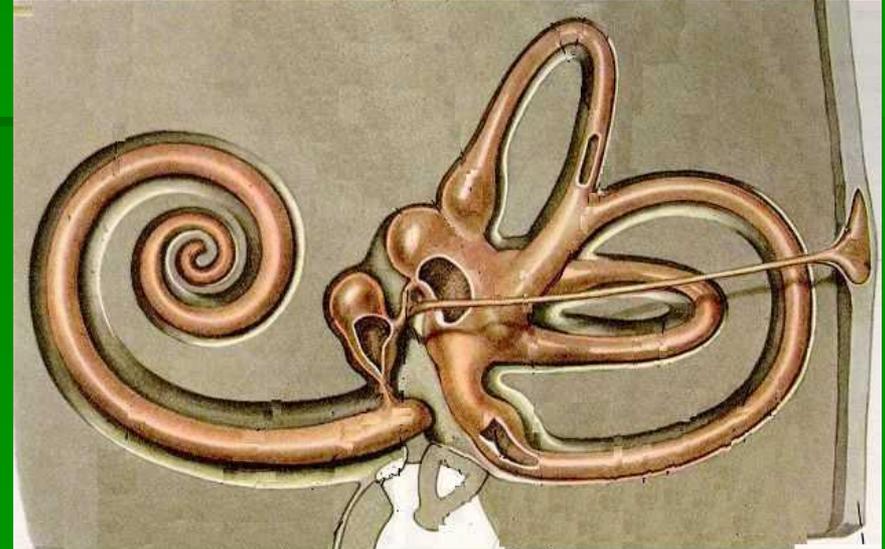
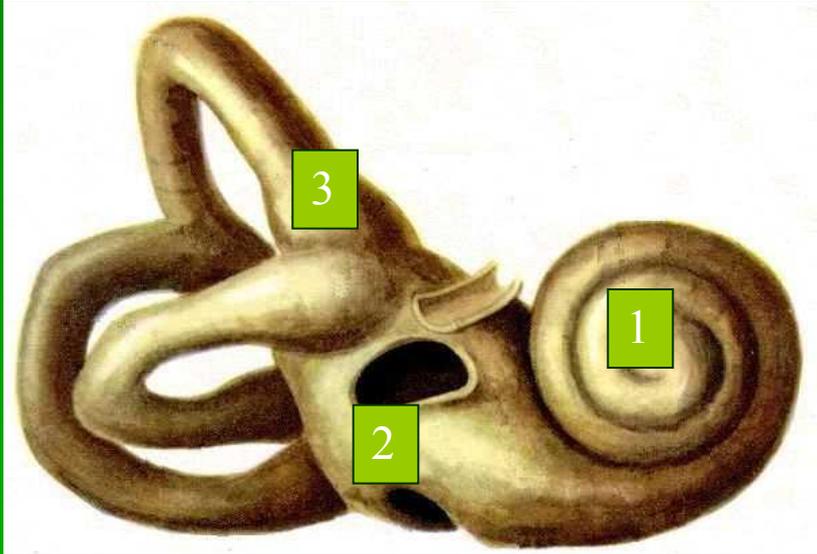


задняя постцентральная извилина, мотонейроны  
мышц-

нижняя центральная извилина

разгибателей

# ВНУТРЕННЕЕ УХО



*Костный лабиринт*

*Перепончатый лабиринт*

*1 - улитка с улитковым ходом*

*2 - преддверие (мешочек и маточка)*

*3 - полукружные каналы с ампулами*

# *Отолитовые органы (маточка и мешочек)*

*Стенки маточки и мешочка выстланы однослойным плоским эпителием, который содержит сенсорные участки, где эпителий становится призматическим.*

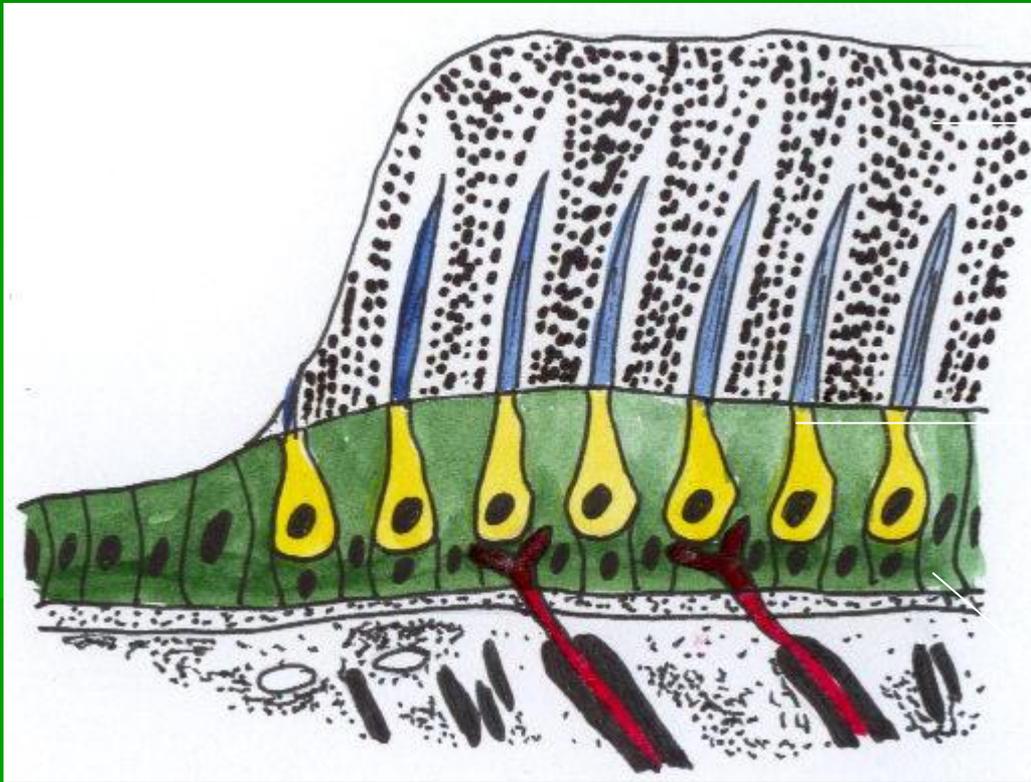
*В маточке и мешочке эти структуры называются пятнами или макулами.*

## *Макула:*

- *нейроэпителиальные (рецепторные или волосковые) клетки;*
- *поддерживающие (опорные) клетки.*

*Поверхность клеток покрыта отолитовой мембраной, в которой имеются отолиты (кристаллы, содержащие карбонаты кальция).*

# МАКУЛА



отолитовая  
мембрана

сенсорные  
клетки

опорные  
клетки

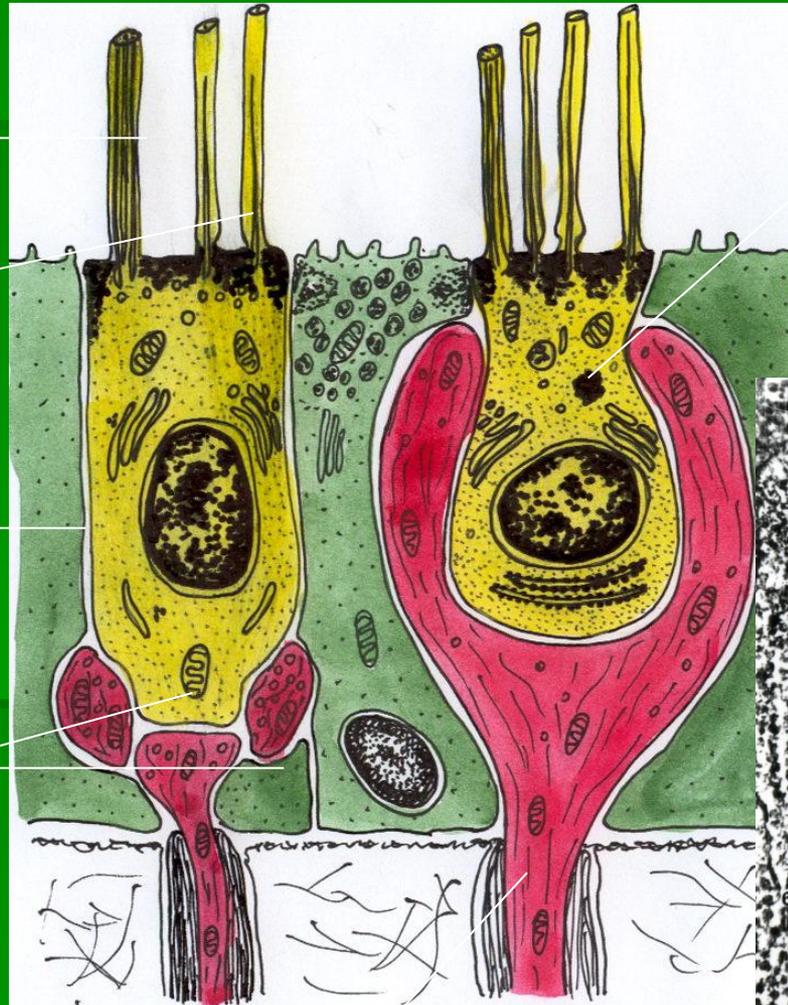
# СЕНСОРНЫЕ КЛЕТКИ МАКУЛЫ

киноцилия ←

стероцилии ←

Столбчатая  
клетка ←

точечные  
афферентные и  
эфферентные  
нервные  
окончания



Грушевидная  
клетка



чашеобразное афферентное  
нервное окончание

# *Функция отолитовых органов – восприятие линейного ускорения*

## *Путь передачи линейного ускорения*

*наклон головы*



*смещение отолитовой мембраны*



*сгибание волосков сенсорных клеток*



*к киноцилии*



*возбуждение*

*сенсорных клеток*



*от киноцилии*



*торможение*

*сенсорных клеток*



*потенциалы вестибулярного нерва*



*ЦНС*

# АМПУЛЯРНЫЙ ГРЕБЕШОК

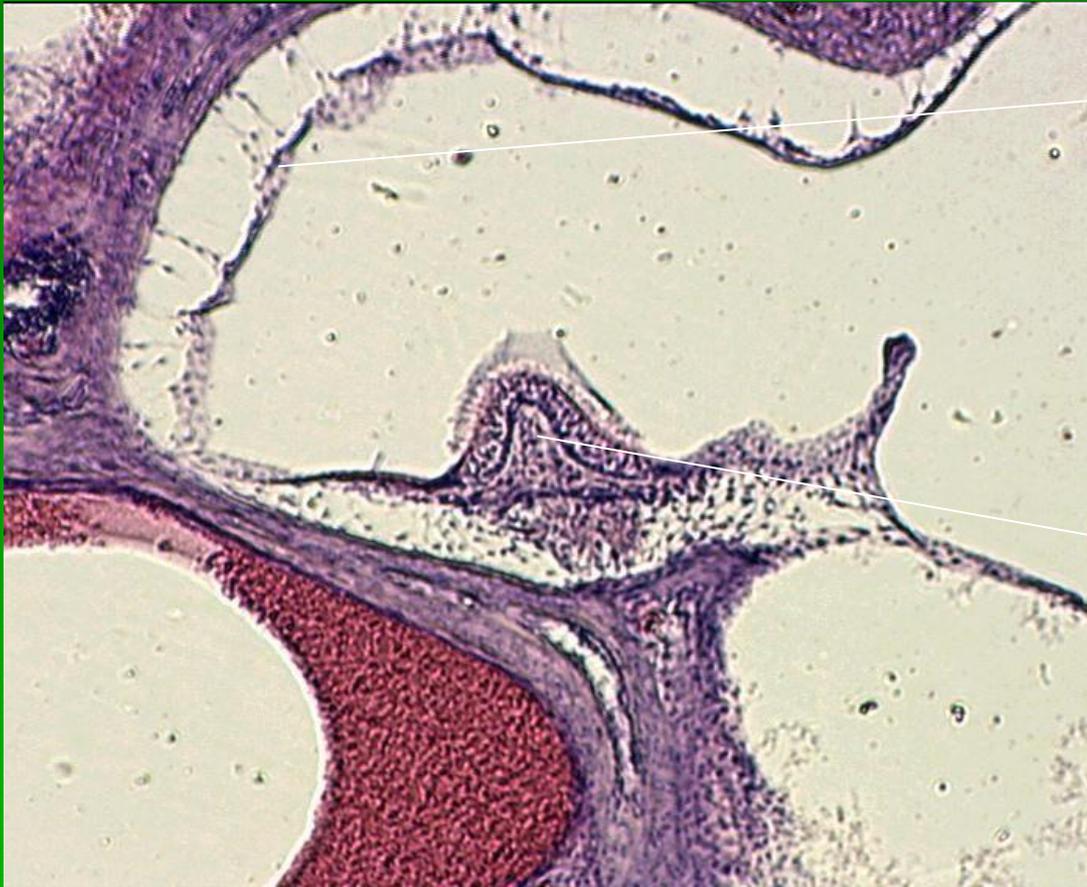


*желеатинозный  
купол*

*сенсорные  
клетки*

*опорные  
клетки*

*нервные  
окончания*



*однослойный  
плоский  
эпителий*

*гребешок*

*Срез через ампулу  
полукружного канала  
Окр. гематоксилином и эозином*



*Срез через  
ампулярный гребешок  
(среднее и большое  
увеличение)*

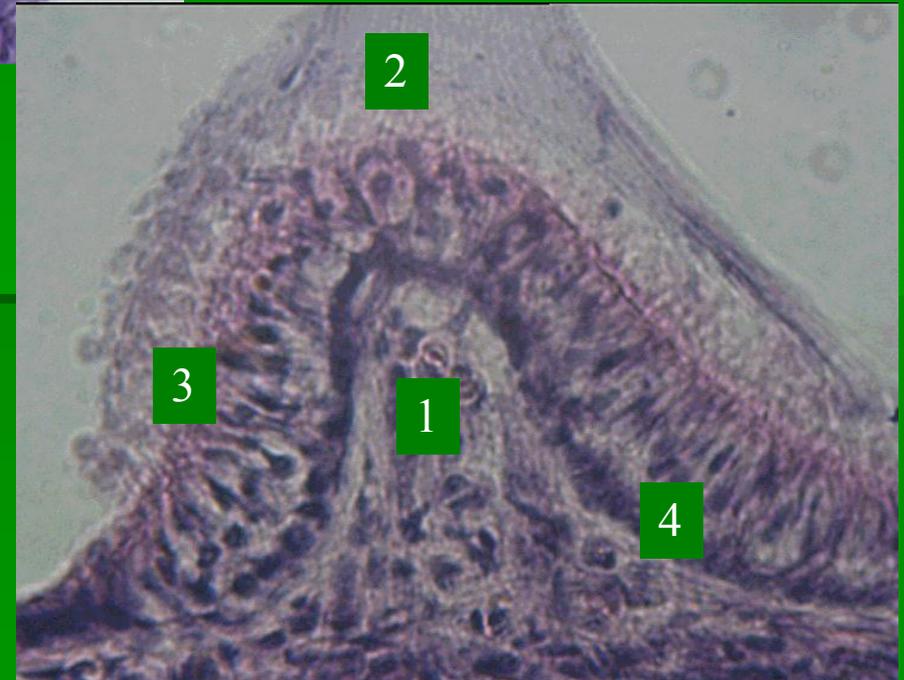
*Окр. гематоксилином и эозином*

*1 – гребешок*

*2 – желатинозный купол*

*3 – сенсорные клетки*

*4 – опорные клетки*



# *Функция ампулярного гребешка – восприятие углового ускорения*

## *Путь передачи углового раздражения*

*поворот головы*



*отклонение желатинозного купола в противоположную  
сторону*



*смещение волосков сенсорных клеток*



*возбуждение сенсорных клеток*



*потенциалы вестибулярного нерва*



*ЦНС*

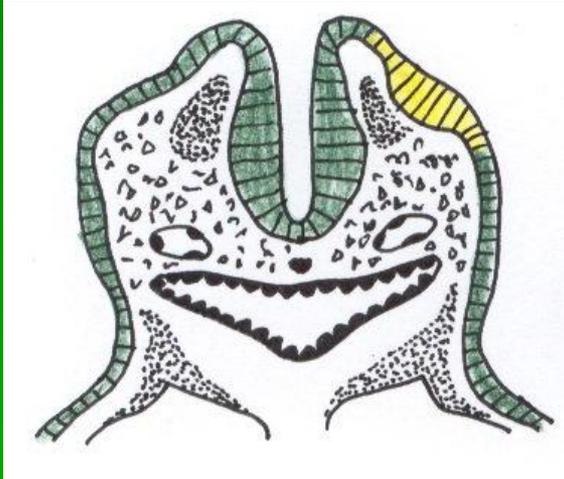
# *РАЗВИТИЕ ОРГАНА СЛУХА И РАВНОВЕСИЯ*

## *Источники развития:*

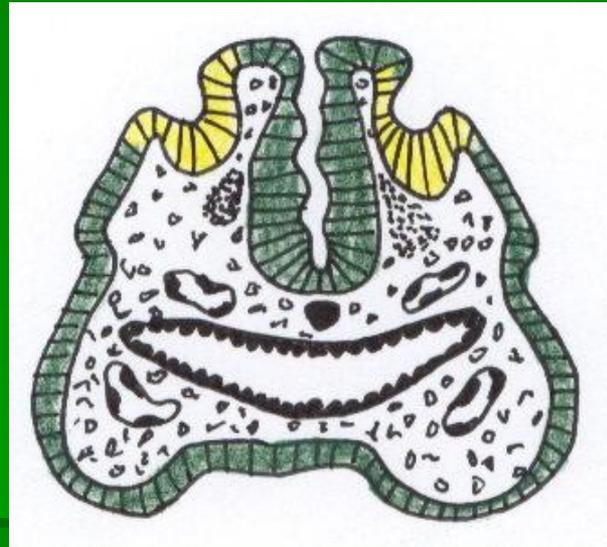
---

- 1. Эктодерма – эпителий наружного, среднего, внутреннего уха; сенсорные и поддерживающие клетки органов слуха и равновесия.*
- 2. Мезензима – соединительнотканнные и сосудистые элементы.*
- 3. Нервная трубка – слуховой и вестибулярный нервы.*

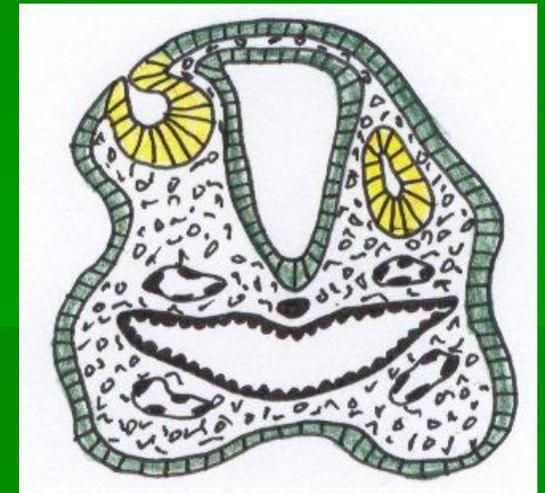
# *РАЗВИТИЕ ОРГАНА СЛУХА И РАВНОВЕСИЯ*



*образование  
слуховых плакод*

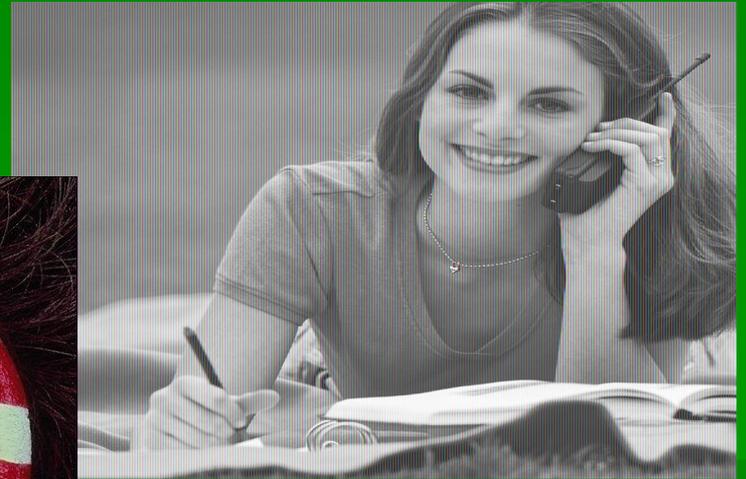


*появление  
слуховой ямки*



*формирование  
слуховых пузырьков*

*Auscultare disce –  
учись слушать!*





*Благодарю за  
внимание!*