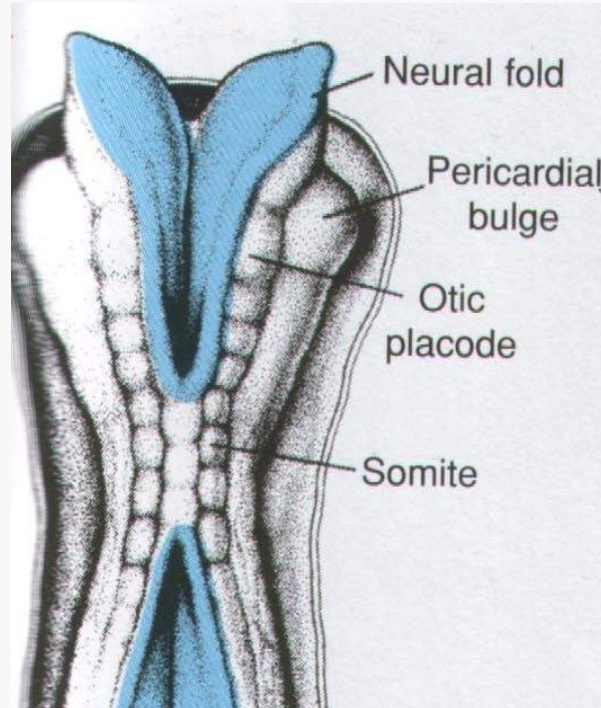
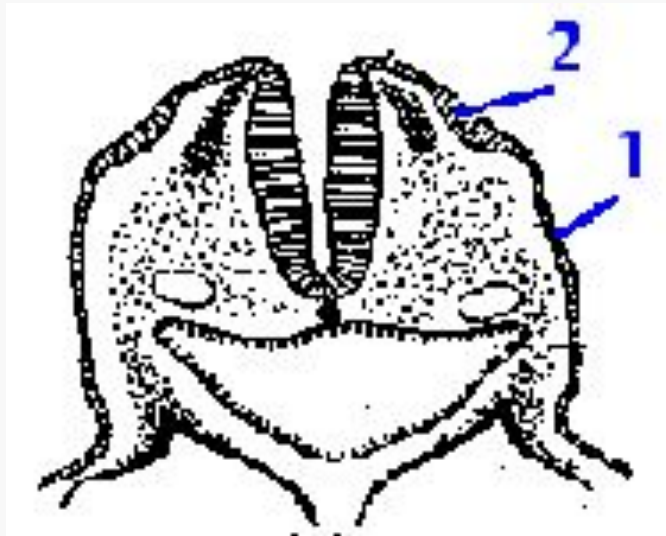


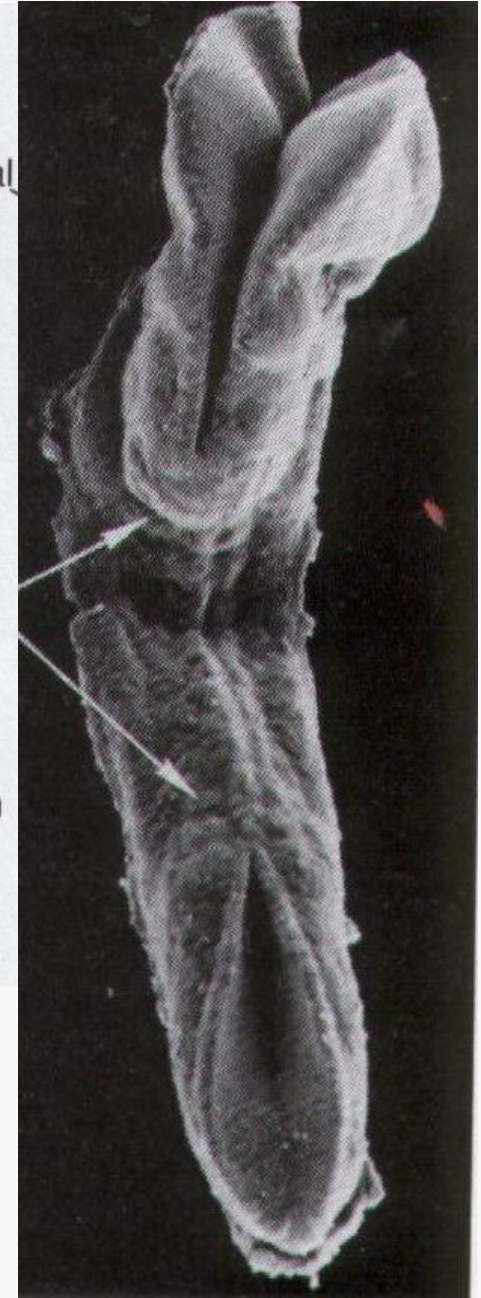
Лекция №9

Вторичночувствующие органы – орган слуха и равновесия, орган вкуса. Развитие внутреннего уха. Сенсоэпителиальные клетки. Гистофизиология слуха и вкуса.

Развитие органа слуха и равновесия



Cut edge of amnion



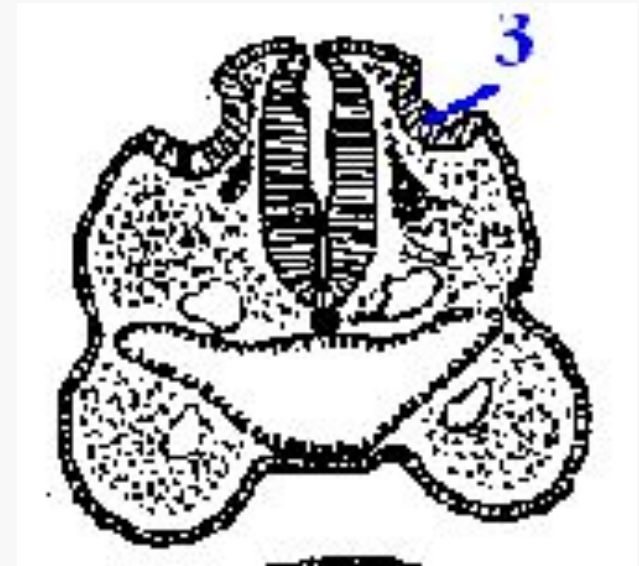
ЭКТОДЕРМА (1)



СЛУХОВЫЕ ПЛАКОДЫ (2)

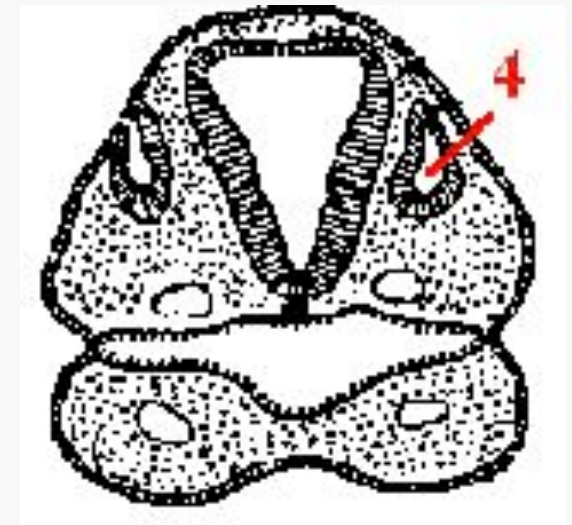
- УТОЛЩЕНИЯ ЭКТОДЕРМЫ НА УРОВНЕ
ЗАКЛАДКИ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА

Развитие органа слуха и равновесия



Слуховые ямки и слуховые пузырьки выстланы многорядным эпителием. Все эпителиоциты рецепторных образований органа слуха и равновесия развиваются из данного типа эмбрионального эпителия.

Развитие органа слуха и равновесия



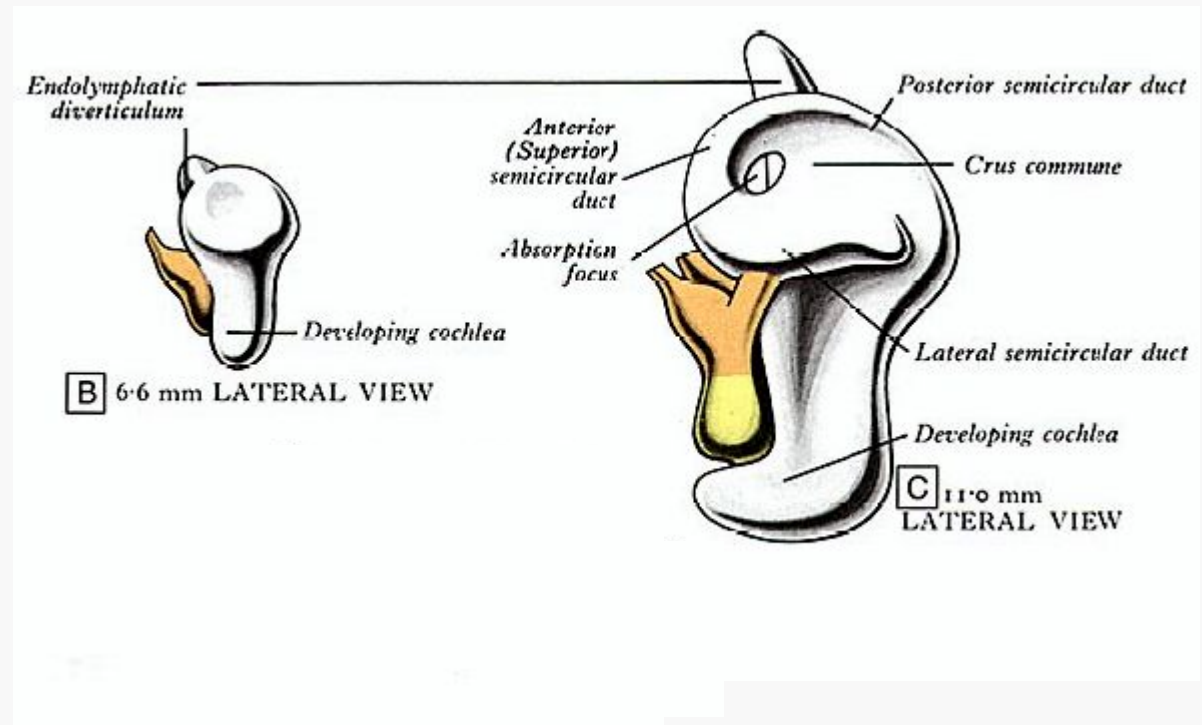
Neural tube

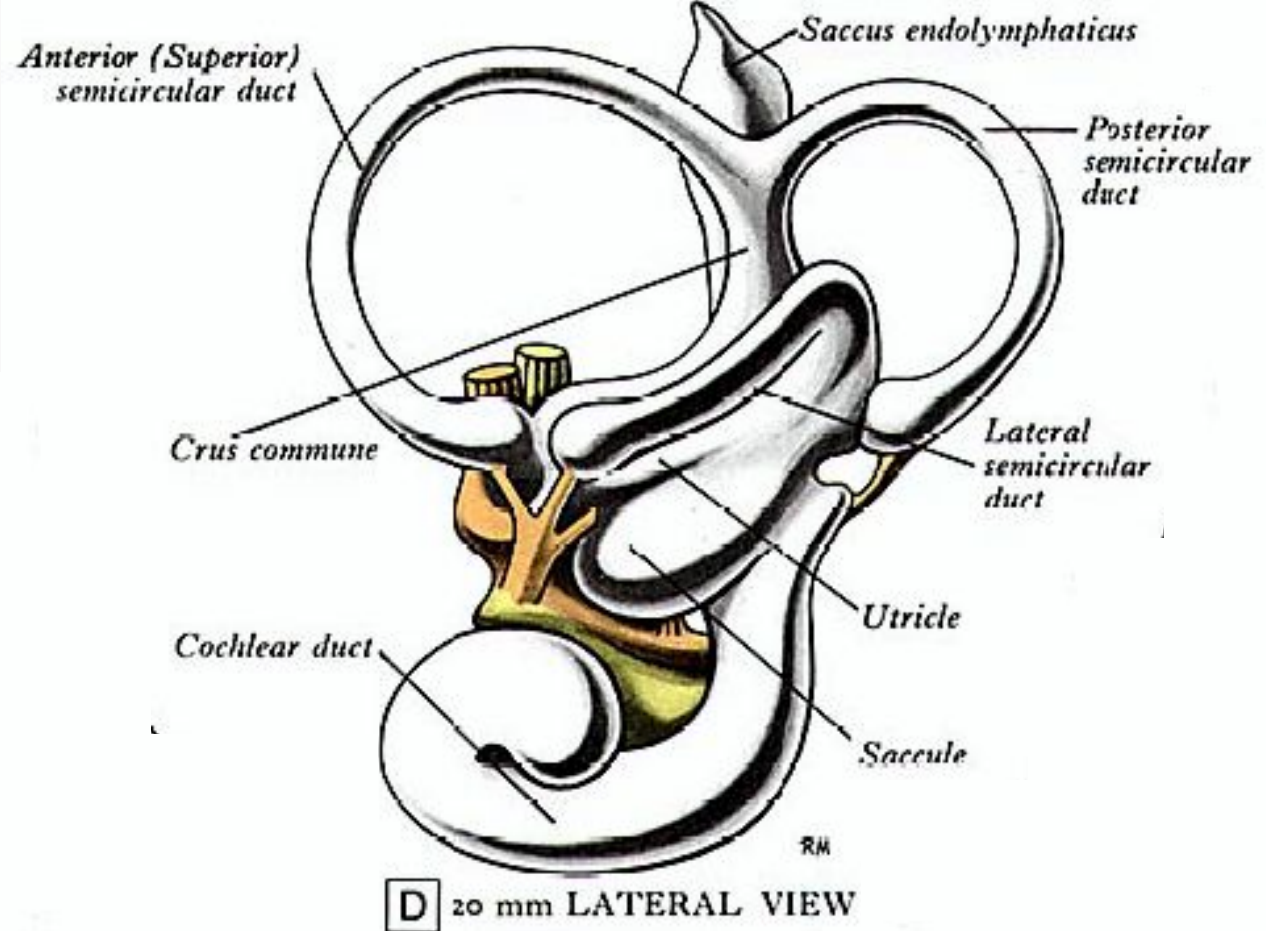


3 mm ANTERO-LATERAL VIEW

Развитие органа слуха и равновесия

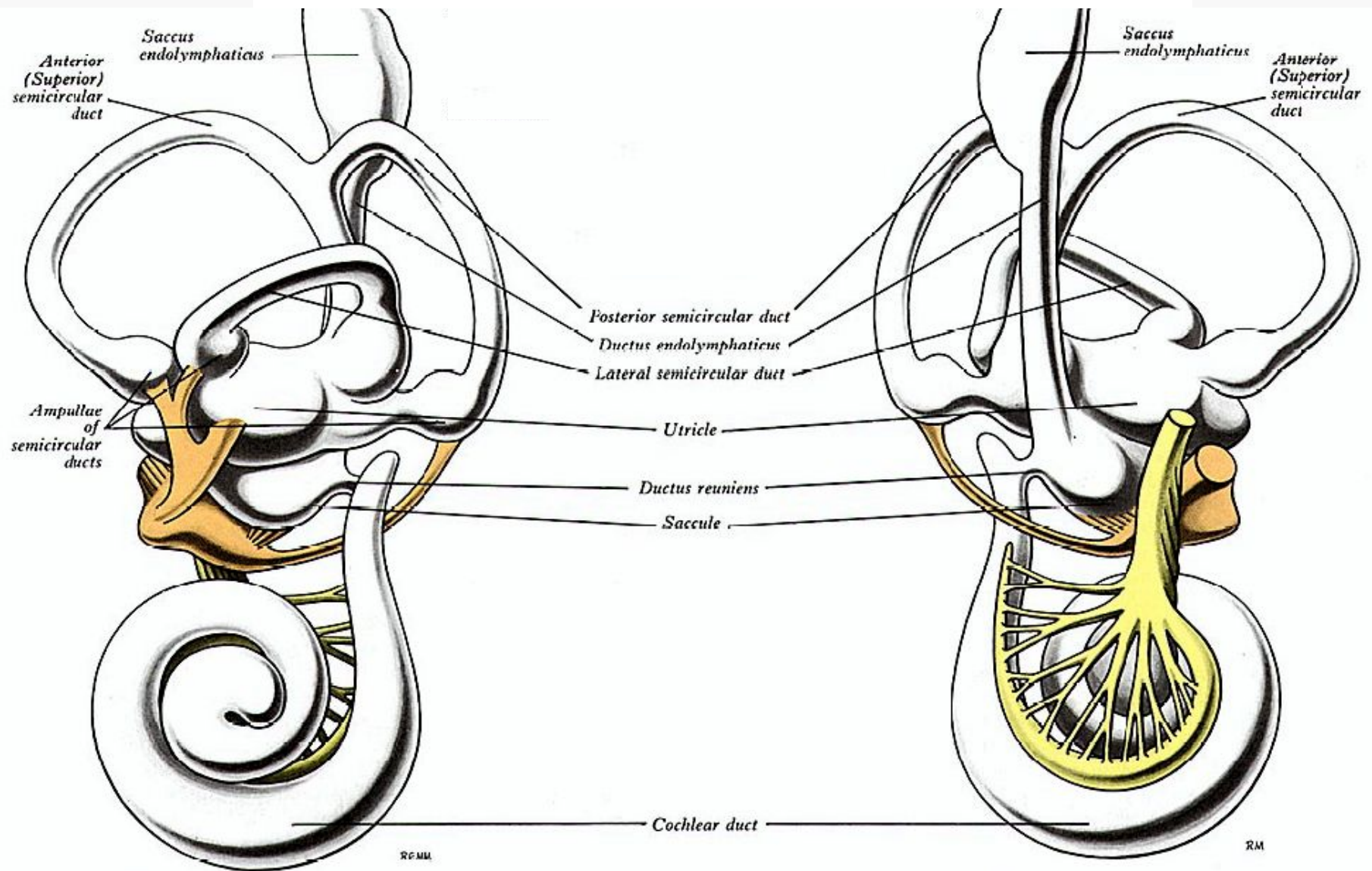
Одновременно устанавливается связь со слуховыми нервными ганглиями, которые делятся на две части – преддверную и улитковую. Дендриты нейронов образуют синапсы с сенсорными клетками, а аксоны формируют n. vestibulocochlearis.





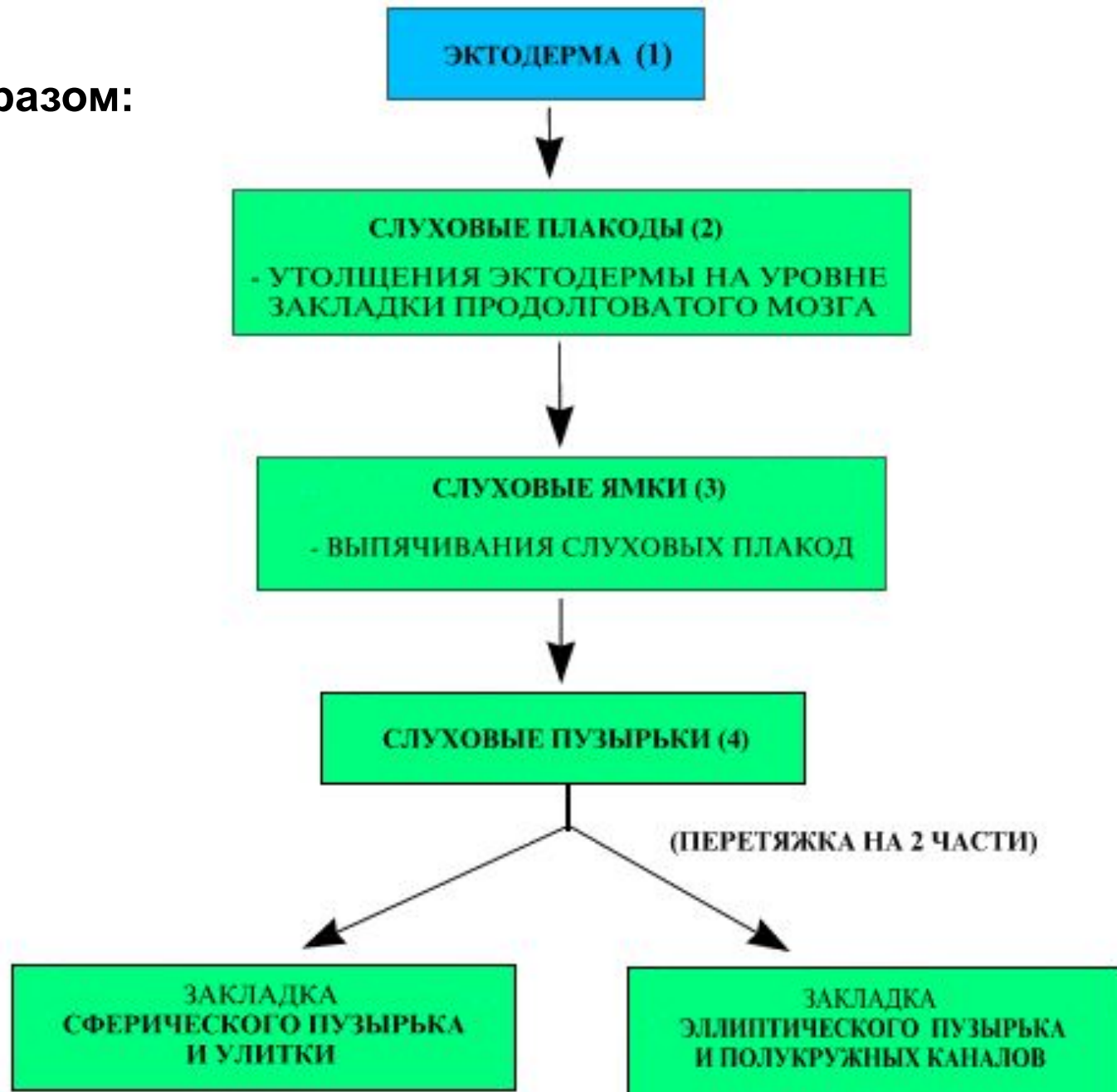
Развитие органа слуха и равновесия

Развитие органа слуха и равновесия



Развитие органа слуха и равновесия

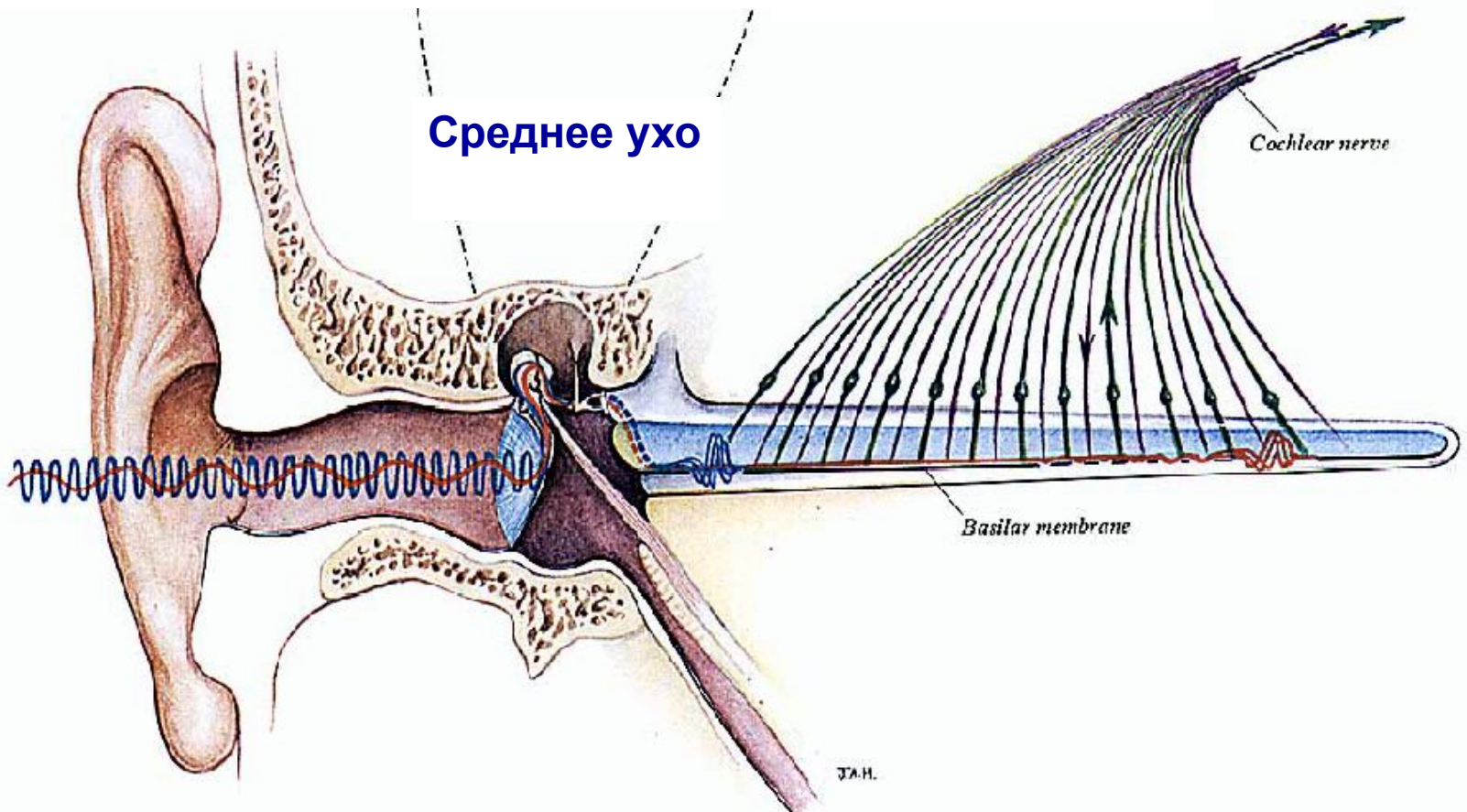
Таким образом:



**Этот парный орган реагирует на следующие раздражения:
звуки, гравитационное воздействие, угловые ускорения
(при вращении тела), вибрацию.**

**Наружное ухо- конденсация звука,
усиление, локация источника звука**

Внутреннее ухо



Рецепторные функции

Колебания перилимфы улитки начинаются от овального окна (благодаря стремечку), инициируют колебания эндолимфы перепончатой улитки и достигают круглого окна, как бы выходя тем самым из улитки. В отсутствие круглого окна стремечко, из-за несжимаемости жидкости, не могло бы приводить перилимфу в движение. Одновременно колебания перилимфы (и эндолимфы) улитки вызывают раздражение определённых сенсоэпителиальных волосковых клеток кортиева органа, что воспринимается дендритами первых нейронов слухового анализатора.



Эллиптический мешочек

В эллиптическом мешочке рецепторы содержатся в составе эпителиального пятна, или макулы, и реагируют на гравитационные воздействия. При этом над чувствительными клетками пятна имеется студенистая мембрана, которая, в зависимости от гравитационного притяжения, смещается в ту или иную сторону, что приводит к раздражению клеток.

Сферический мешочек

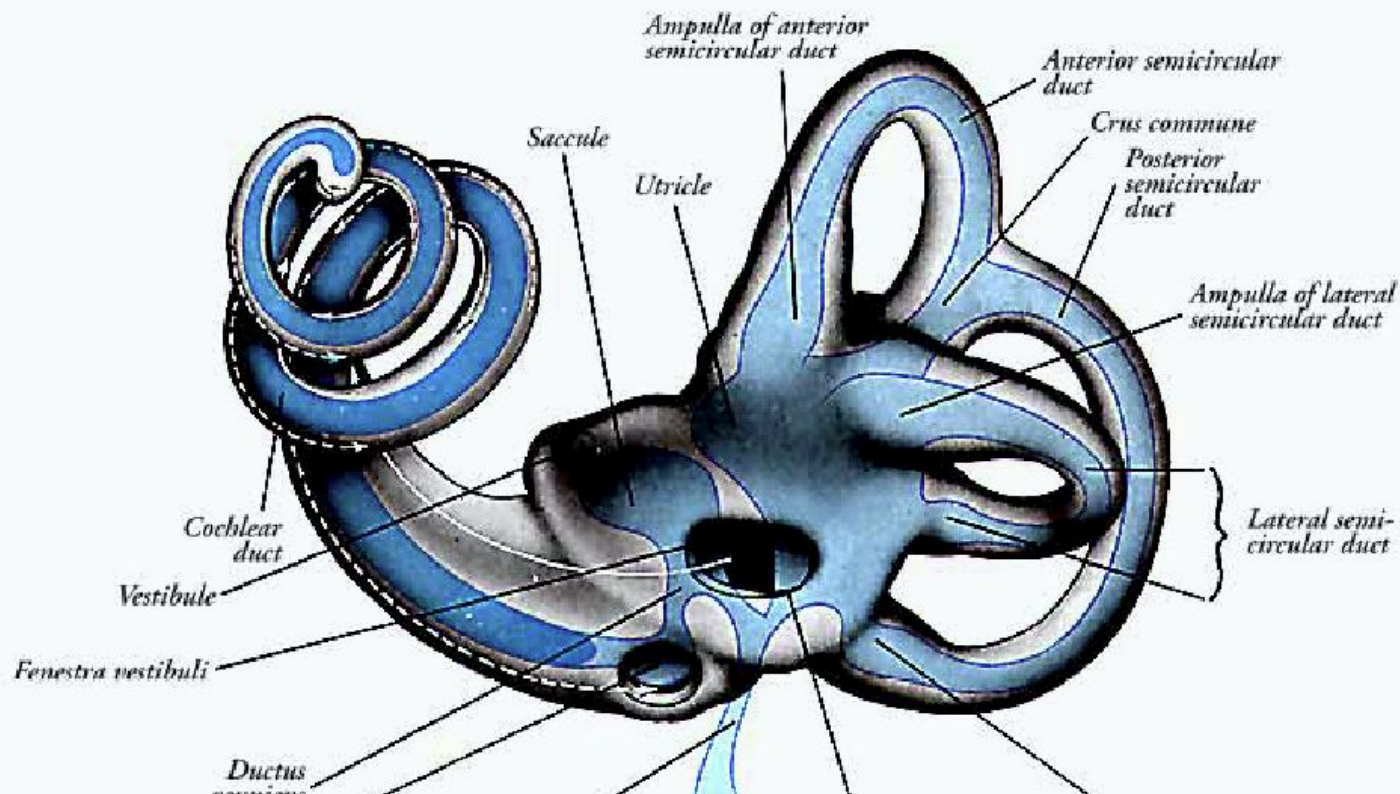
В сферическом мешочке сенсоэпителиальные клетки тоже образуют рецепторное пятно, покрытое студенистой мембраной, но реагируют не только на гравитацию, но и на вибрацию (а именно, на вибрационные колебания студенистой мембраны).

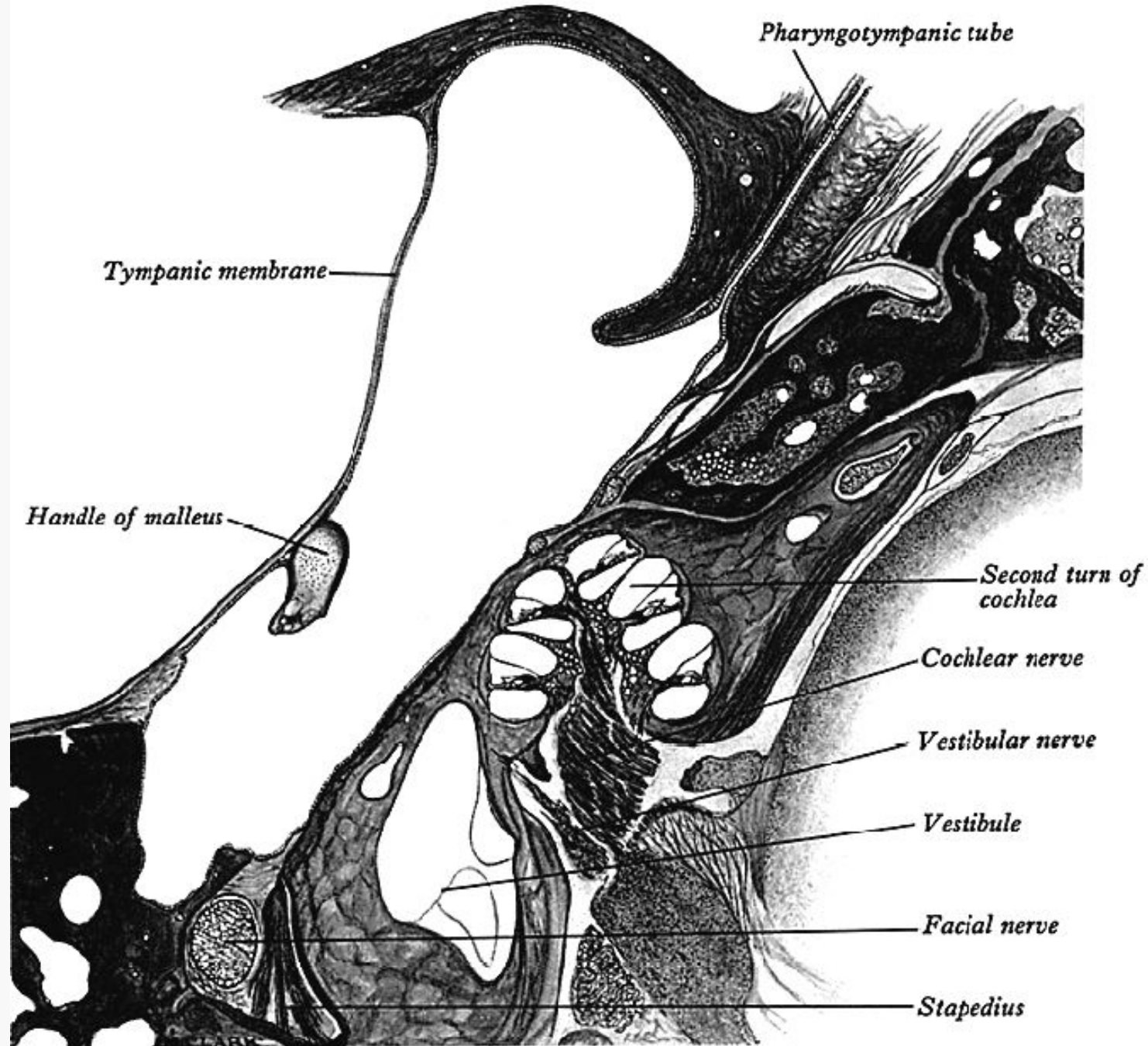
Полукружные каналы

В полукружных каналах рецепторные клетки находятся в ампулярных отделах, покрывая ампулярные гребешки (разрастания надкостницы). При вращении головы в определённой плоскости эндолимфа перемещается лишь в каком-либо одном из каналов, где это вызывает возбуждение сенсорных клеток. Таким образом, здесь располагаются рецепторы, реагирующие на угловые ускорения.

Таким образом:

Спиральный (кортиев) орган (в перепончатой улитке)	Восприятие звука
Пятно <u>эллиптического</u> мешочка	Восприятие гравитации
Пятно <u>сферического</u> мешочка	Восприятие гравитации и вибрации
Ампулы полукружных каналов	Восприятие угловых ускорений при вращении головы и тела



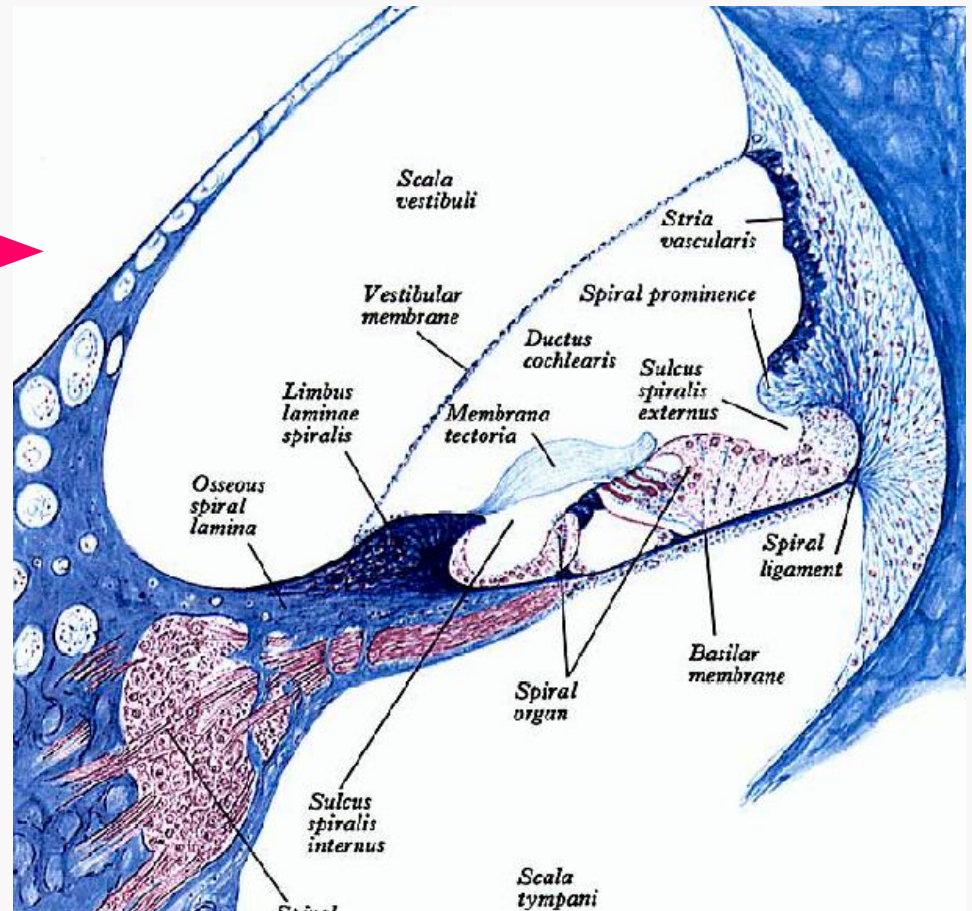
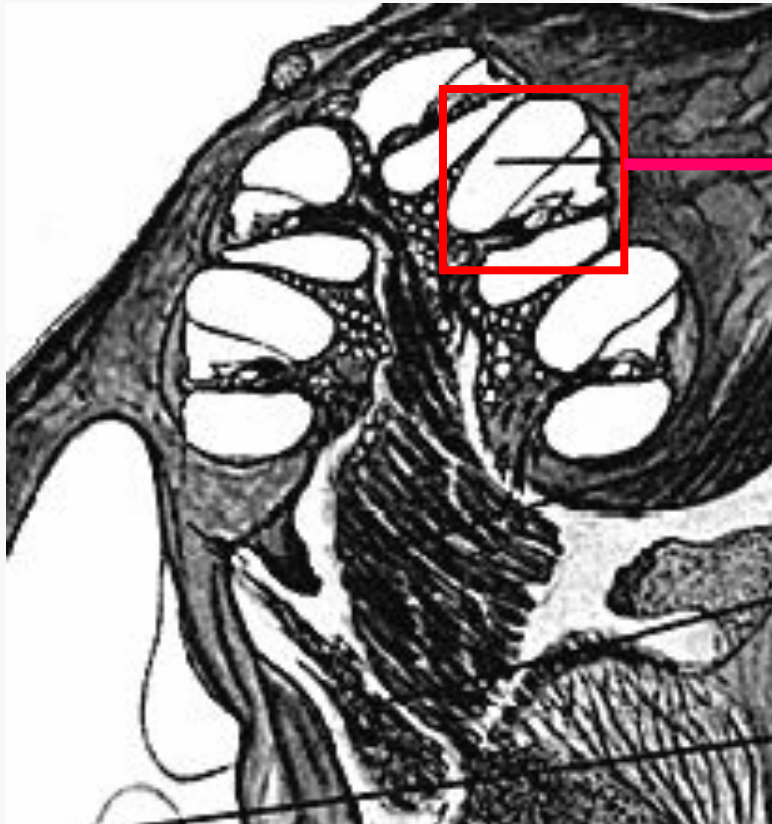


ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ СРЕЗ ЧЕРЕЗ ЛЕВУЮ ВИСОЧНУЮ КОСТЬ

гистологическое строение органа слуха и равновесия

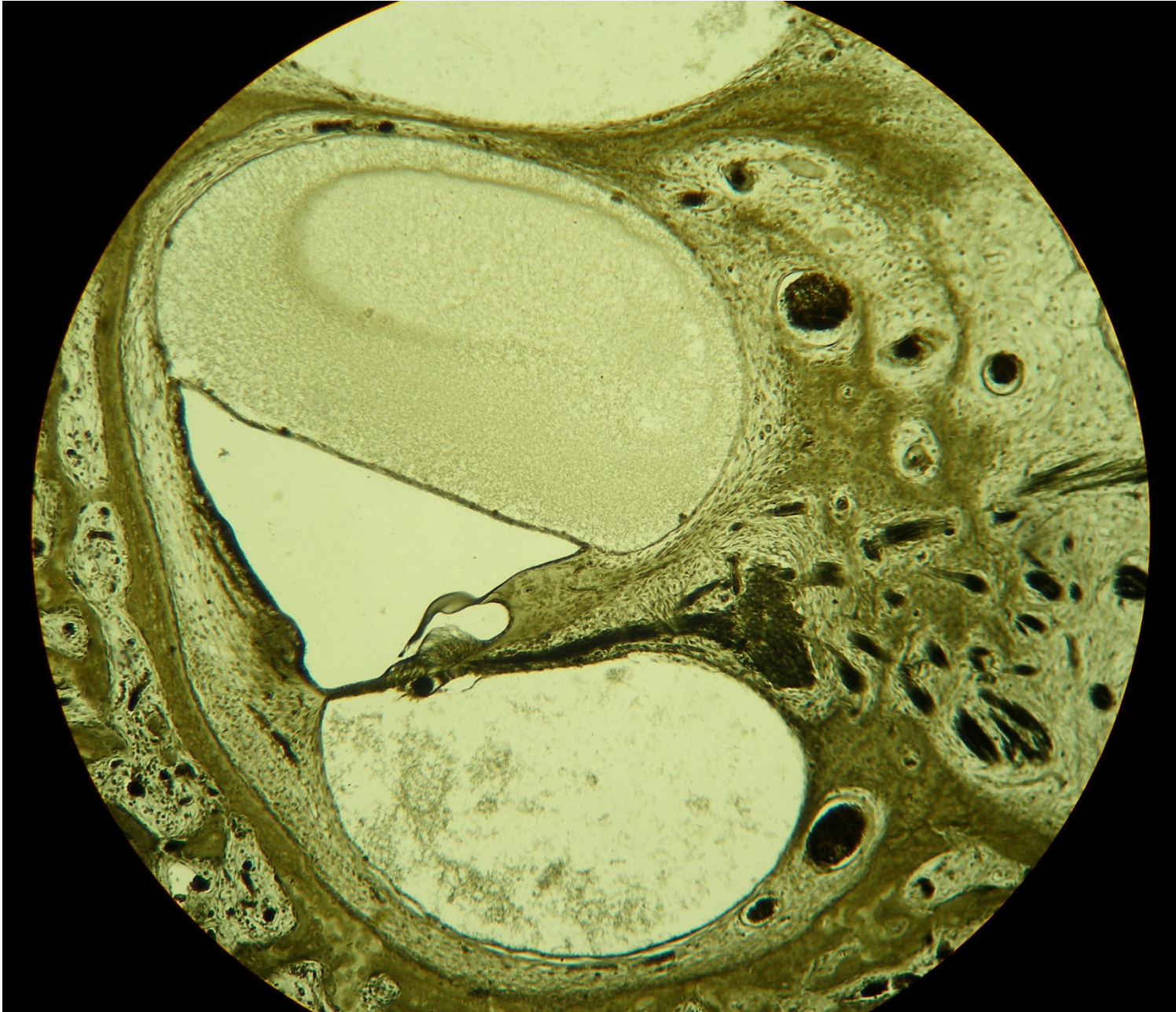
Улитковый отдел лабиринта

В центре улитки находится костный стержень, вокруг которого канал улитки делает по спирали 2,5 оборота. От стержня отходит костная пластинка - спиральный гребешок который идёт вдоль всего спирального канала, повторяя его ход, располагается примерно посередине канала и доходит почти до его центра, содержит в своей толще спиральный нервный ганглий



гистологическое строение органа слуха и равновесия

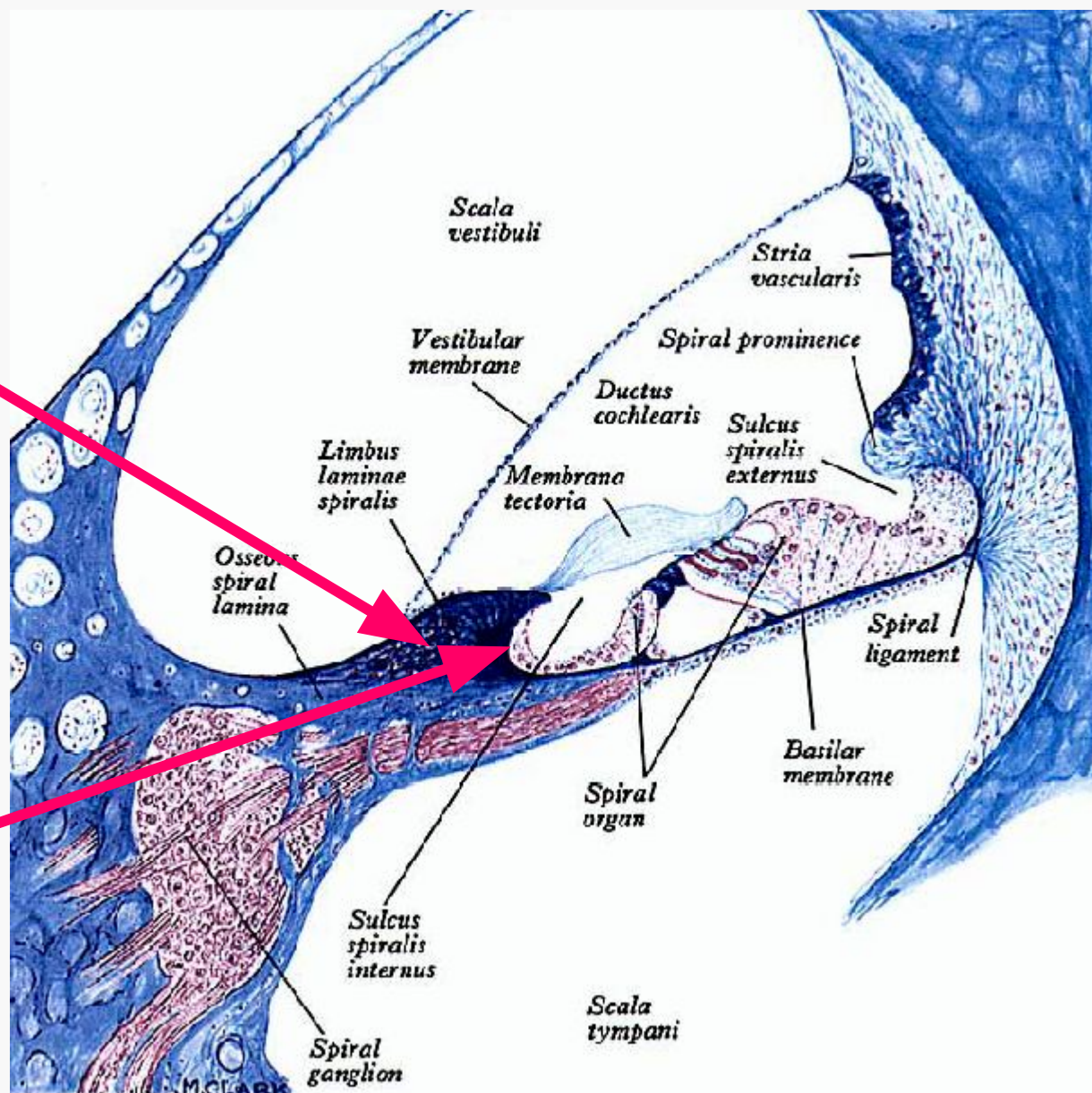
Улитковый отдел лабиринта



С одной стороны
надкостница гребешка
резко утолщена и
образует ЛИМБ.

Край лимба делится на
две части -
верхнюю -
вестибулярную губу и
нижнюю - барабанную
губу.

Между ними образуется
спиральная
бороздка.

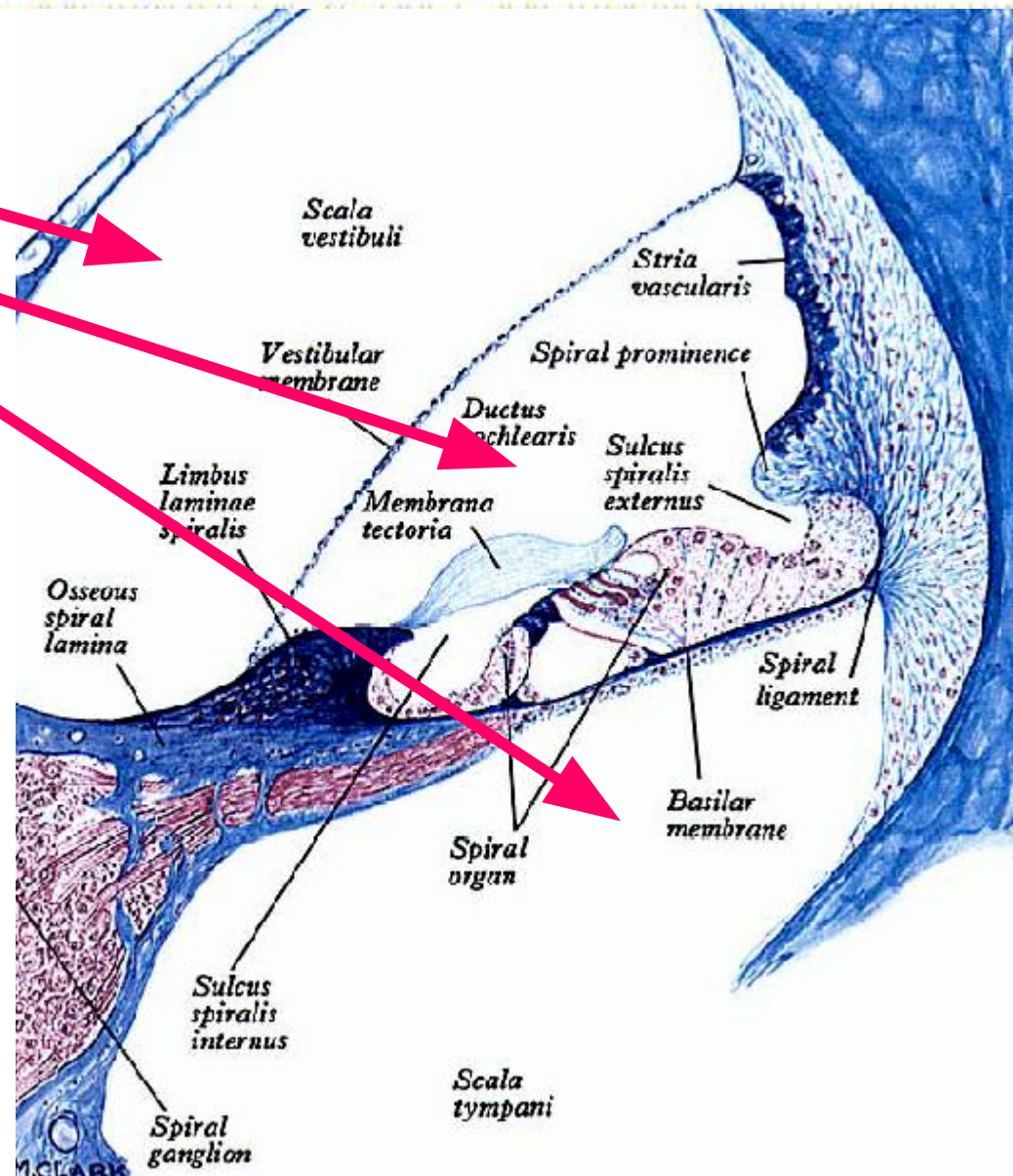


овальное окно → **вестибулярная лестница** → **вершина улитки** →
барабанная лестница → **круглое окно**

перепончатый канал улитки,
который на своём протяжении
подразделяется на 3 части:
верхнюю - вестибулярную
лестницу,
среднюю – перепончатый канал
улитки,
нижнюю - барабанную лестницу.

Обе лестницы содержат
перилимфу, а перепончатая
улитка - эндолимфу.

Вестибулярная лестница начи-
нается от овального окна пред-
дверия а в области вершины
улитки сообщается с барабанной
лестницей. Барабанная же лест-
ница заканчивается у круглого
окна преддверия. Поэтому коле-
бания перилимфы проходят по
следующей цепочке:

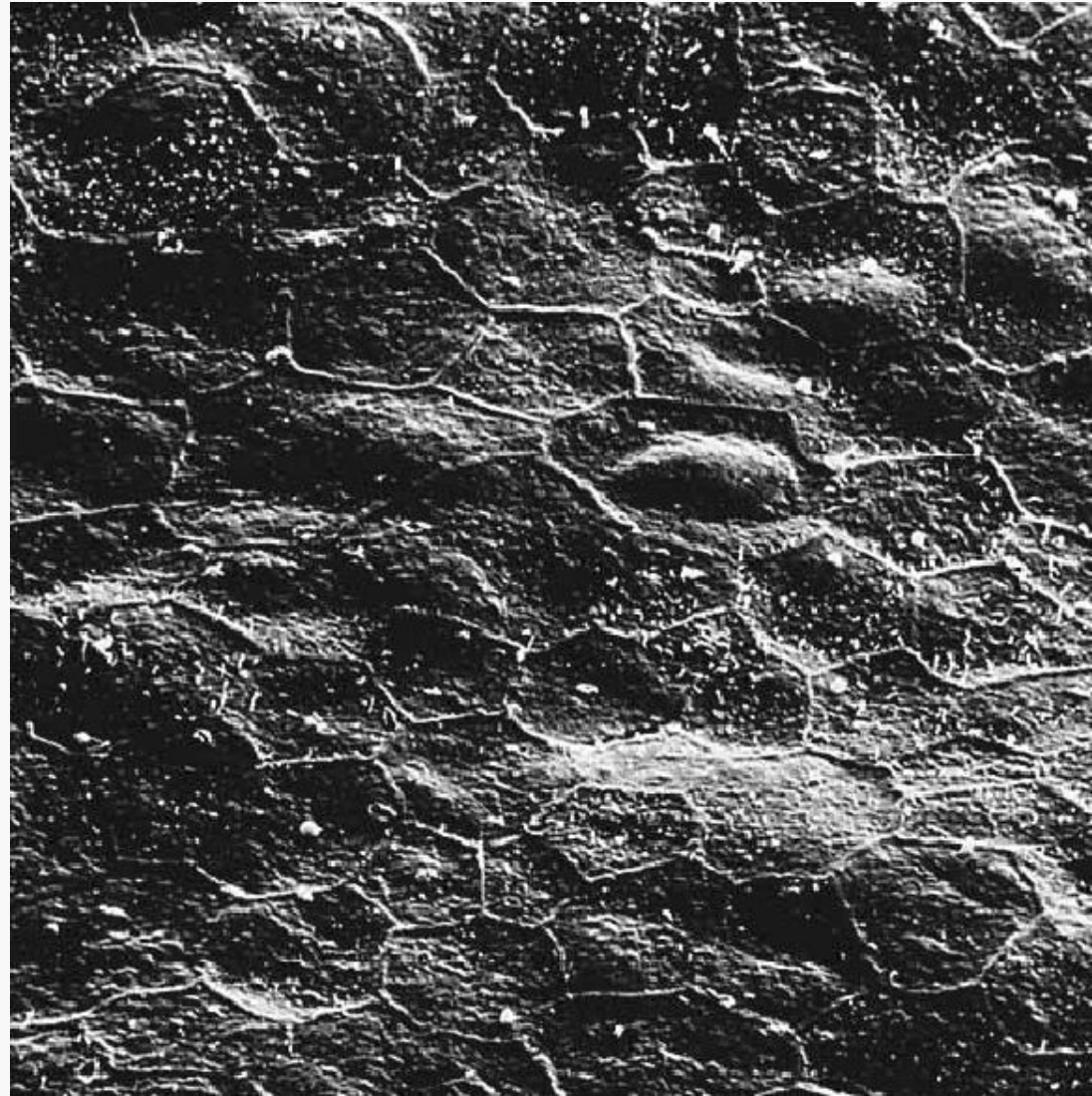


Стенки перепончатой улитки

Scanning electron micrograph of the surface of Reissner's membrane, viewed from the cochlear duct aspect, showing the regular pattern of simple squamous epithelial cells (guinea pig). Magnification $\times 2500$.

Обозначается как вестибулярная или рейснеровская мембрана. Прикрепляется к лимбу в области его вестибулярной губы.

Вестибулярная мембрана включает три слоя: эндотелий (т.е. эпителий мезенхимного происхождения) - со стороны вестибулярной лестницы; тонкий слой плотной волокнистой соединительной ткани и однослойный плоский эпителий (эпителий эктодермального происхождения) - со стороны эндолимфы



Стенки перепончатой улитки

Наружная стенка

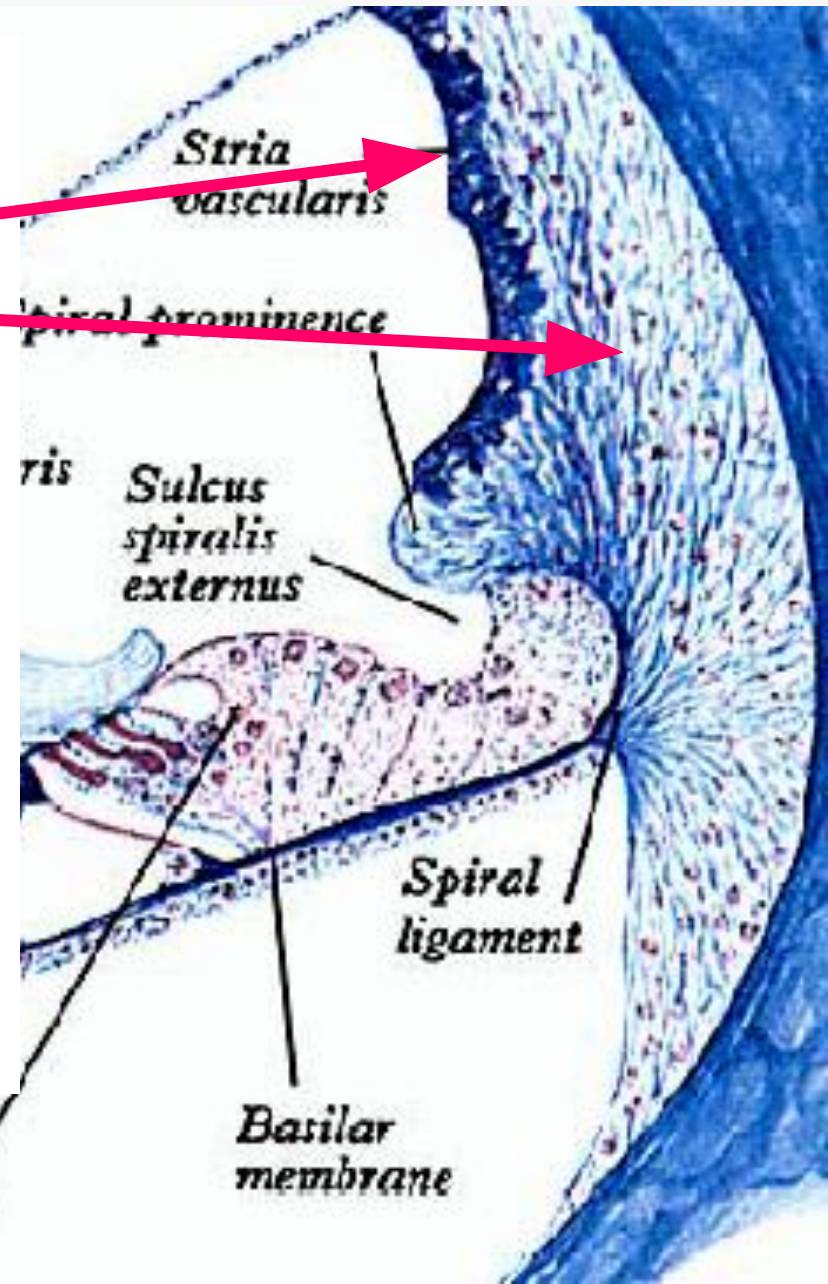
Наружная стенка перепончатой улитки срастается с наружной стенкой костного канала.

Она имеет два слоя: внутренний - сосудистую полосу и наружный (обращённый к костной ткани - спиральную связку).

Сосудистая полоска представляет собой многорядный эпителий, в толще которого проходят многочисленные кровеносные капилляры.

Функция сосудистой полоски - трофическая и секреторная (продукция эндолимфы).

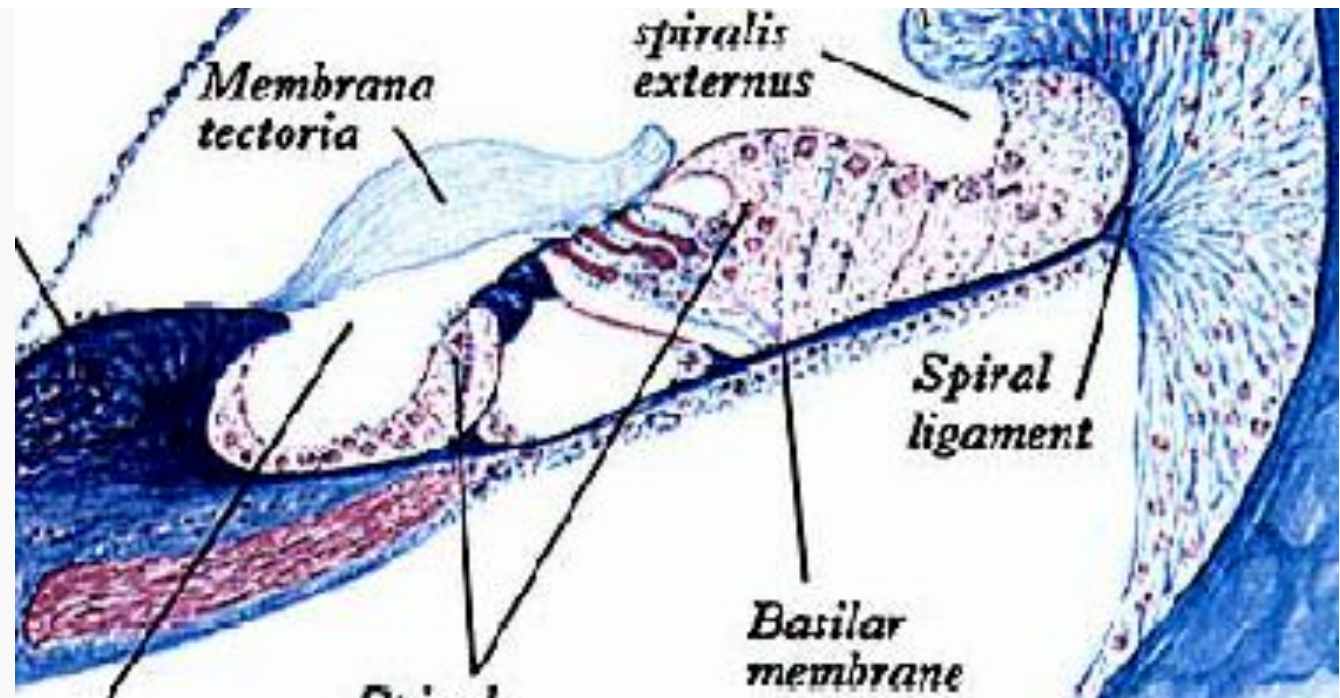
Спиральная связка образована плотной волокнистой тканью и является утолщением надкостницы костной стенки улитки.



Нижняя стенка

Стенки перепончатой улитки

Нижняя стенка перепончатой улитки - базилярная пластинка. Она натянута между спиральным костным гребнем и спиральной связкой наружной стенки. Со стороны барабанной лестницы покрыта эндотелием (эпителием мезенхимного происхождения). Основу пластинки составляют коллагеновые волокна, расположенные в матриксе. Они тянутся в косом направлении, причём, их длина уменьшается при переходе от вершины улитки к её основанию за счёт более прямого хода. Волокна играют роль струн, которые откликаются на колебания определённой частоты. Со стороны эндолимфы на базилярной пластинке располагается спиральный, или кортиев, имеющий собственную базальную мембрану и воспринимающий звуковые раздражения.

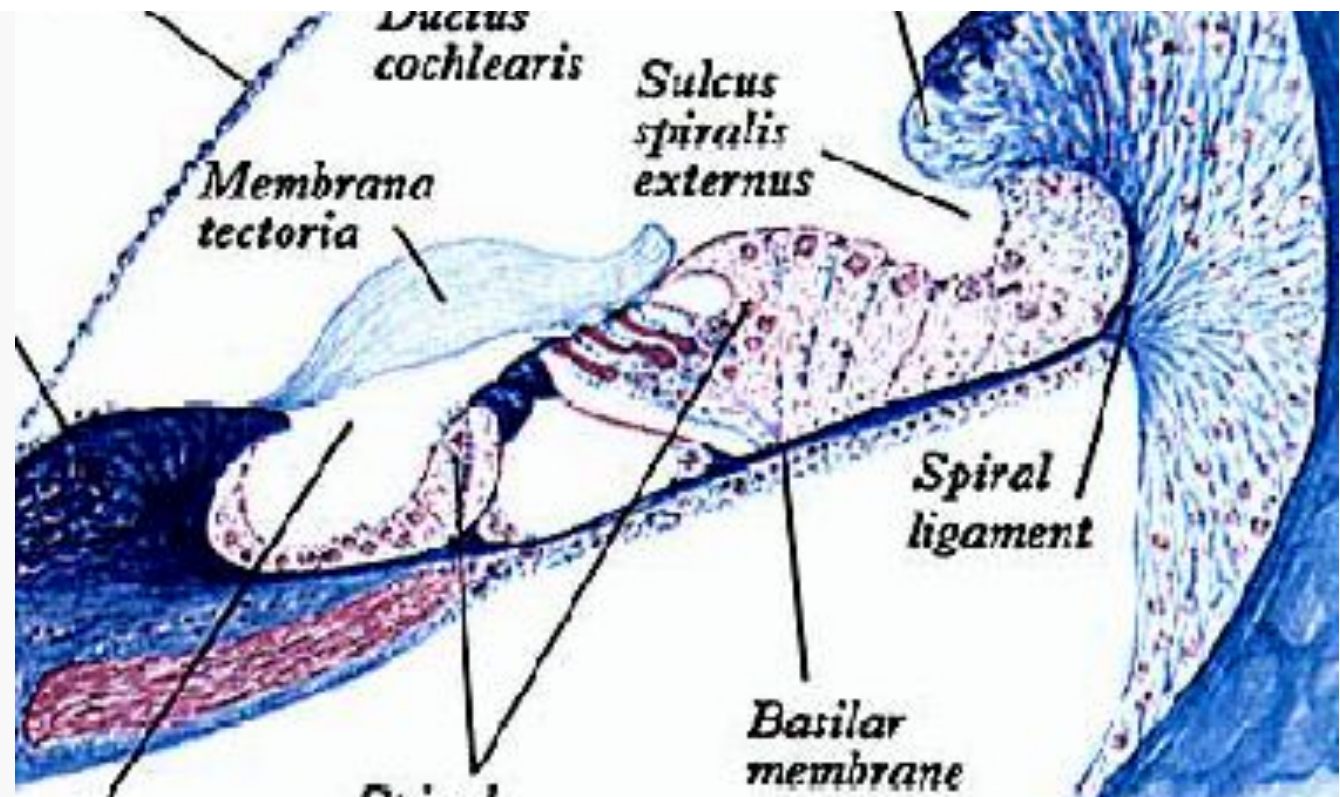


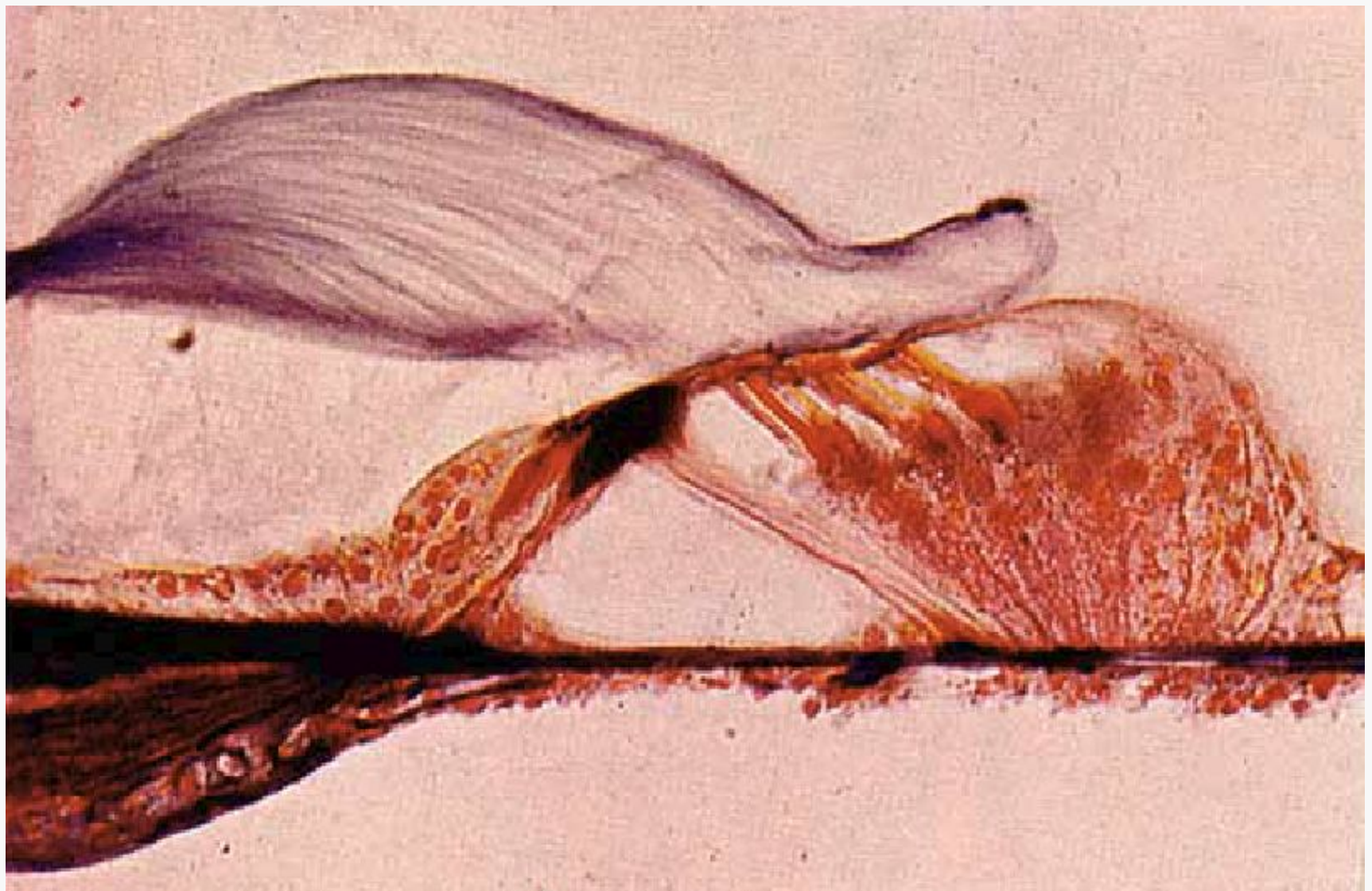
Внутренний угол Стенки перепончатой улитки

Лимб - утолщение надкостницы костного гребешка, имеющее две губы - вестибулярную и барабанную.

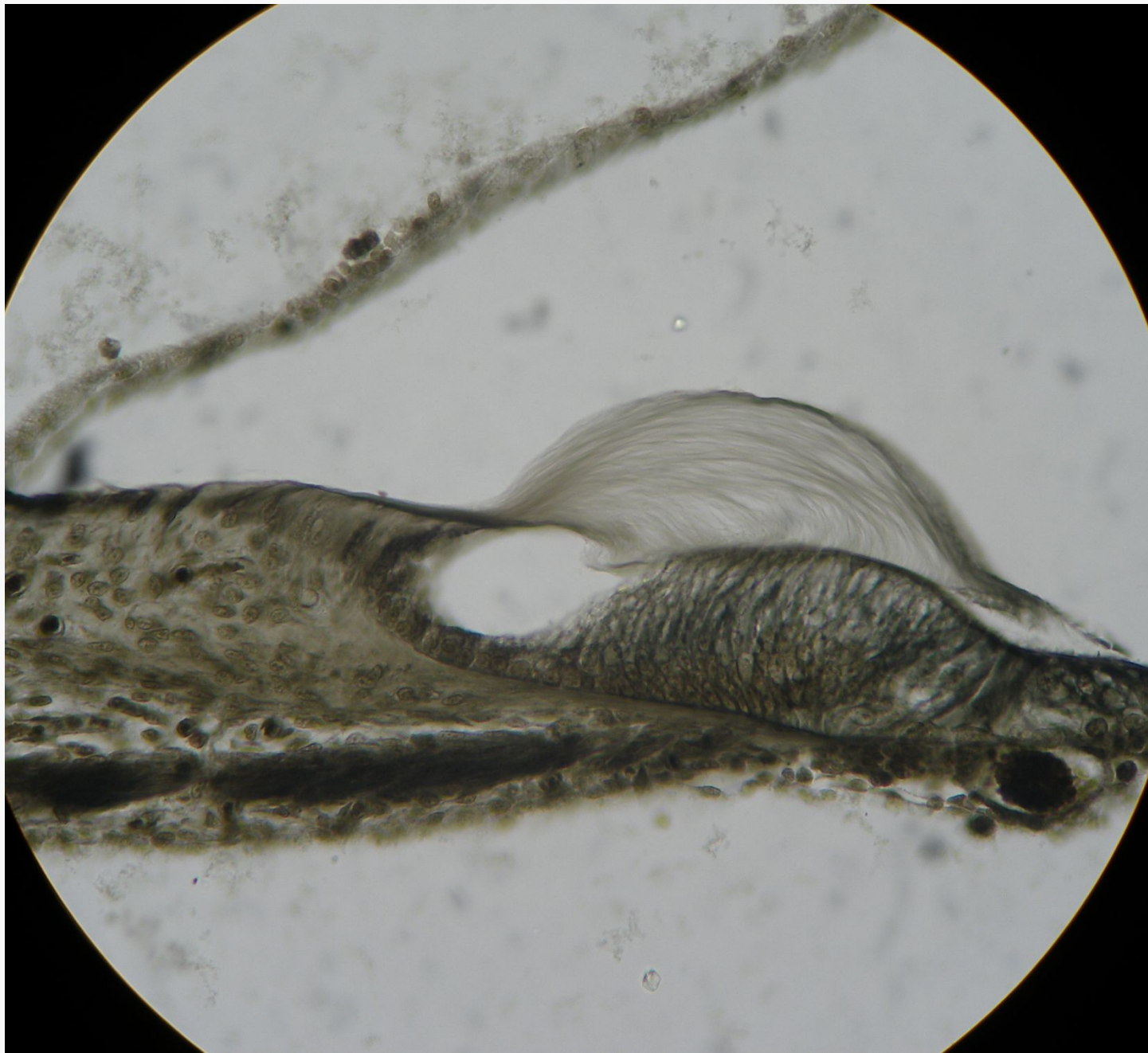
В перепончатом канале улитки лимб образует внутренний угол - между вестибулярной мембраной и базилярной пластинкой.

От вестибулярной губы лимба идёт покровная (текториальная) мембрана. Она контактирует с вершинами рецепторных клеток спирального органа, содержит в своём составе много коллагеновых волокон, но из-за преобладания матрикса имеет желеобразную консистенцию.





Transverse section of the spiral organ of Corti (cat), stained with the Mallory trichrome method to show the inner and outer hair cells (orange), the basilar membrane (dark blue) and tectorial membrane (light blue) and various supporting cells, including those surrounding the tunnel of Corti. Magnification $\times 400$.



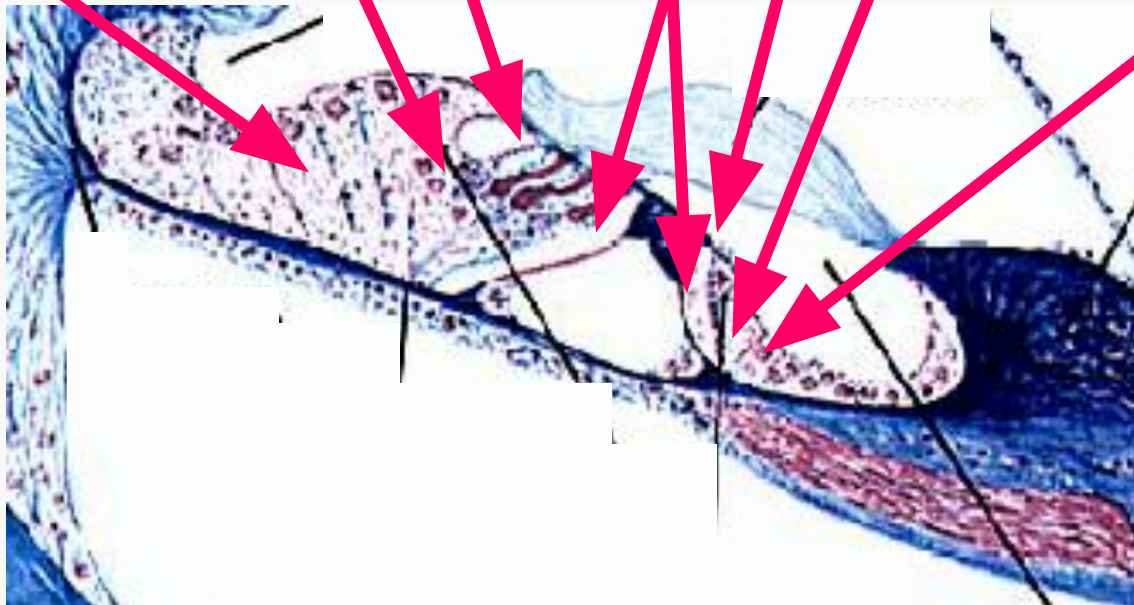
Спиральный (кортиев) орган

В спиральном органе - 2 типа клеток - сенсорные волосковые эпителиоциты и поддерживающие эпителиоциты.

(3-4 ряда)

(1 ряд)

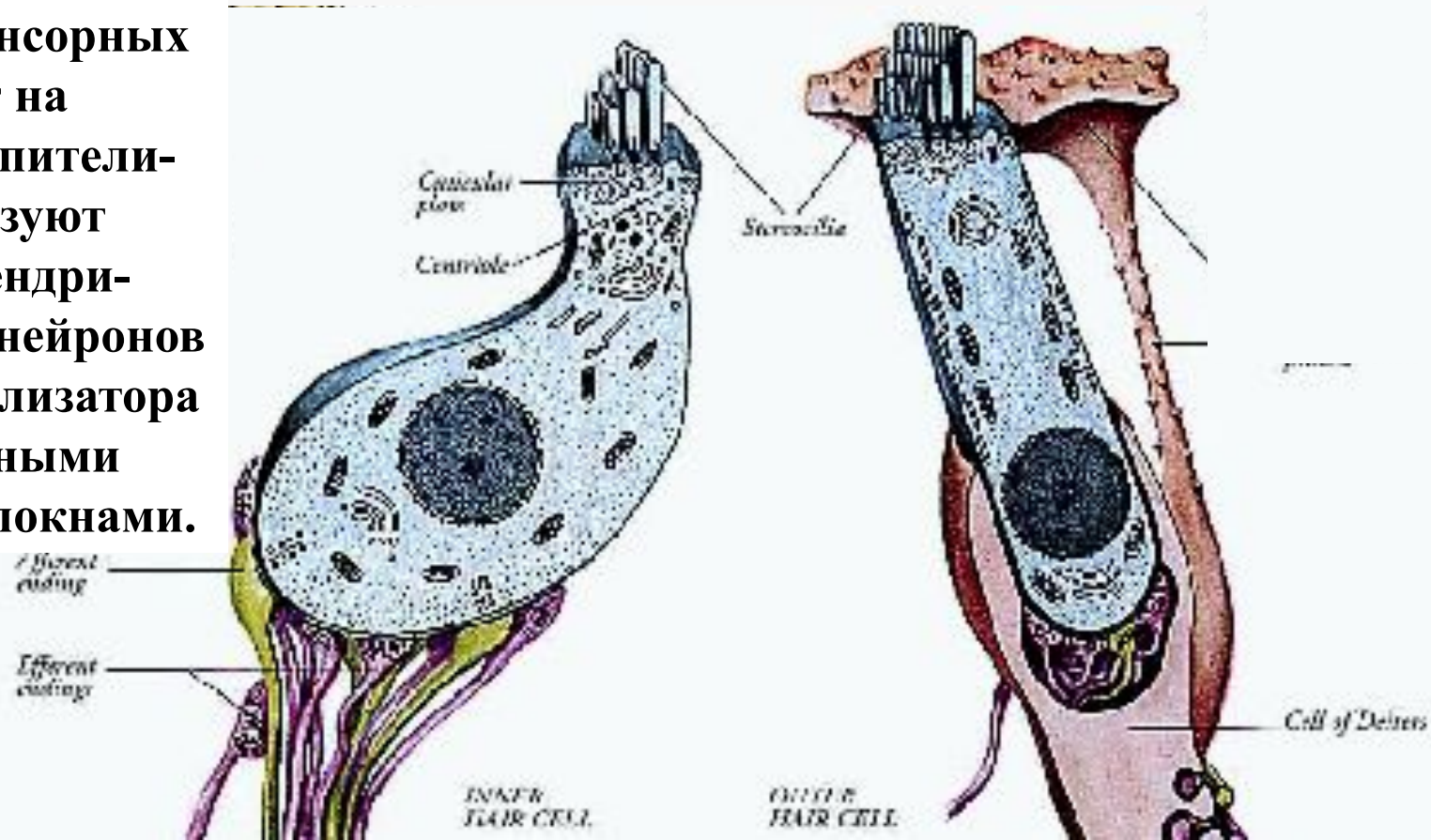
Наружные пограничные клетки	Наружные сенсорные клетки	Клетки-столбы	Внутр. сенсорные клетки	Внутренние пограничные клетки
	Наружные фаланговые клетки		Внутр. фаланговые клетки	

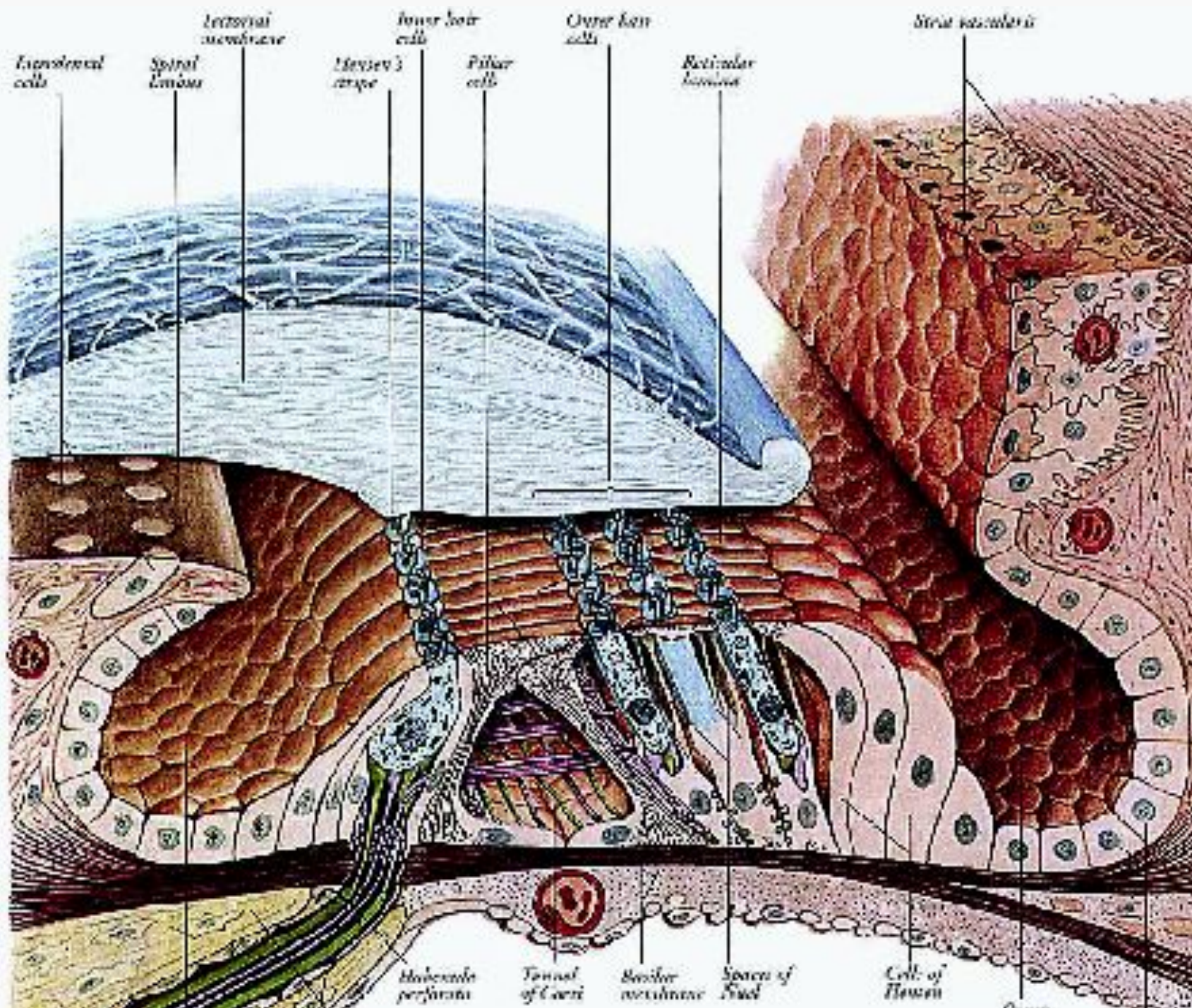


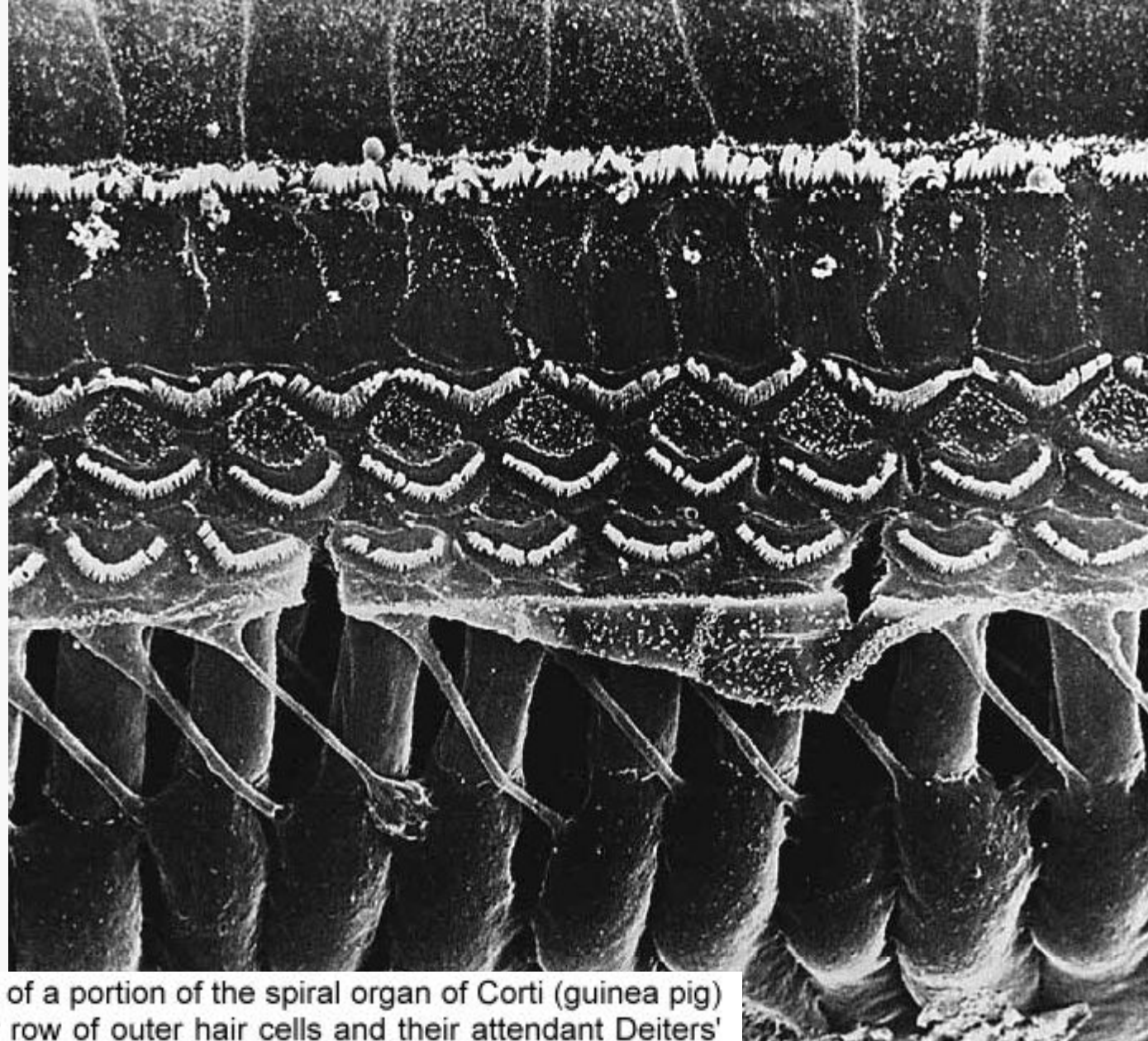
Сенсорные волосковые клетки

Сенсорные клетки находятся на фаланговых клетках поэтому, в соответствии с числом последних, внутренние сенсорные клетки расположены в 1 ряд, а наружные - в 3-4 ряда. На апикальной поверхности сенсорных клеток присутствуют два образования: а) кутикула - плёнка гликопротеидной природы, б) особые микроворсинки – стереоцилии, которые объединяются в пучки, прободают кутикулу и контактируют с покровной мембраной.

Основания сенсорных клеток, лежат на фаланговых эпителиоцитах и образуют синапсы - с дендритами первых нейронов слухового анализатора и с эфферентными нервными волокнами.



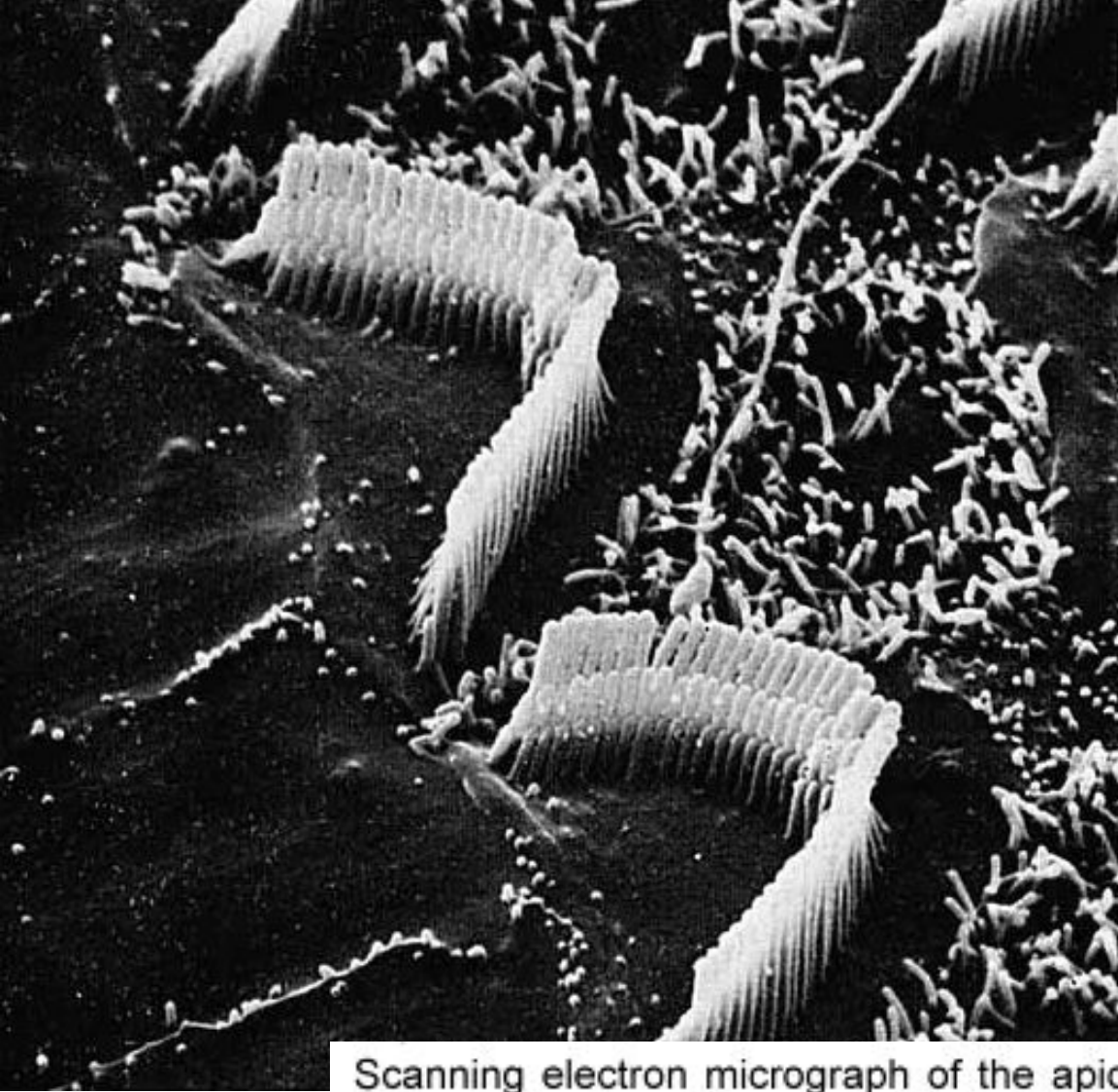




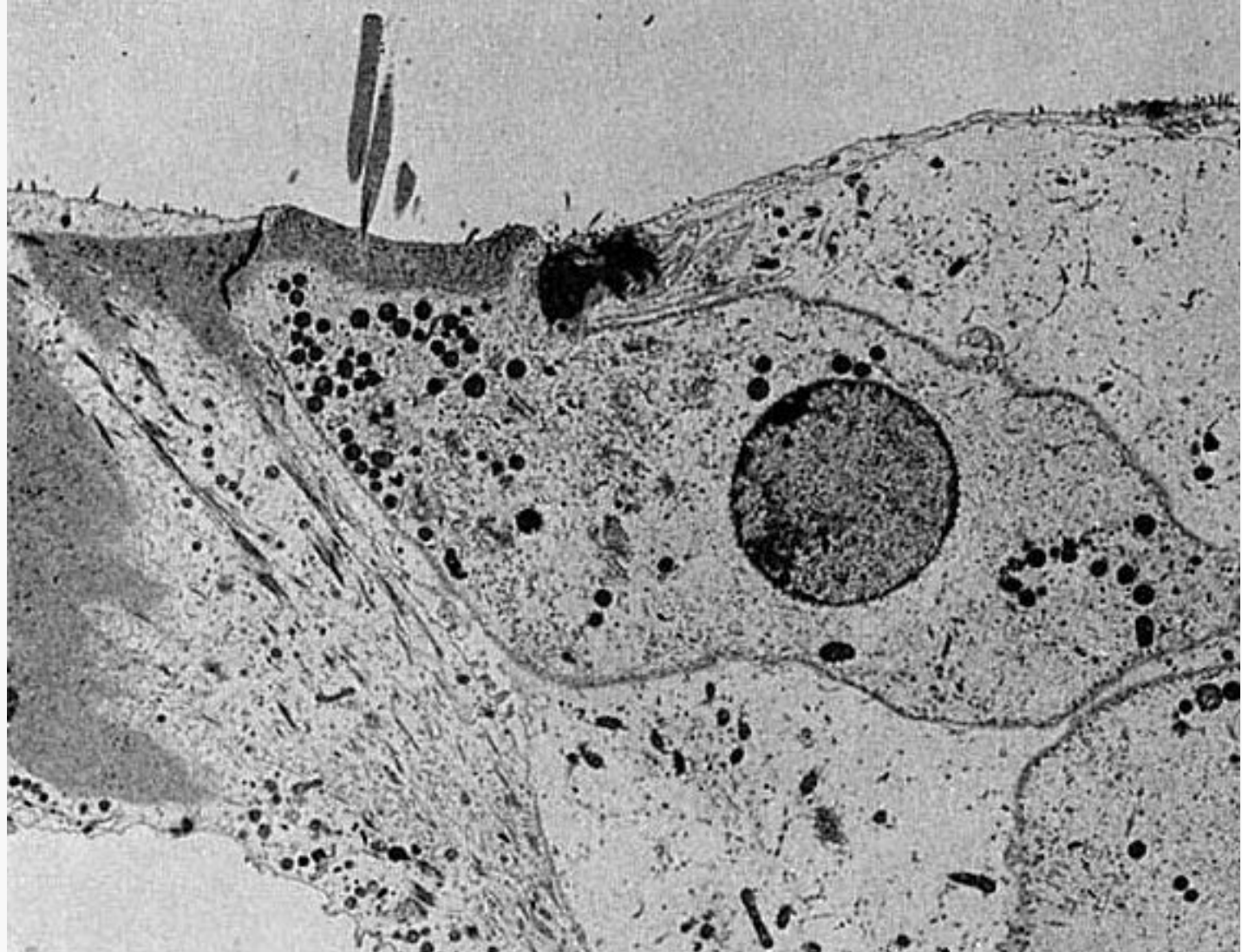
Scanning electron micrograph of a portion of the spiral organ of Corti (guinea pig) dissected to expose the outer row of outer hair cells and their attendant Deiters' cells with narrow phalangeal processes. The apices of three rows of outer hair cells with their stereocilia are visible in the foreground and behind them are the apices of the rod cells and a row of inner hair cells and their stereocilia. Magnification $\times 2500$. (Supplied by Hilary C. Dodson, Institute of Otolaryngology.



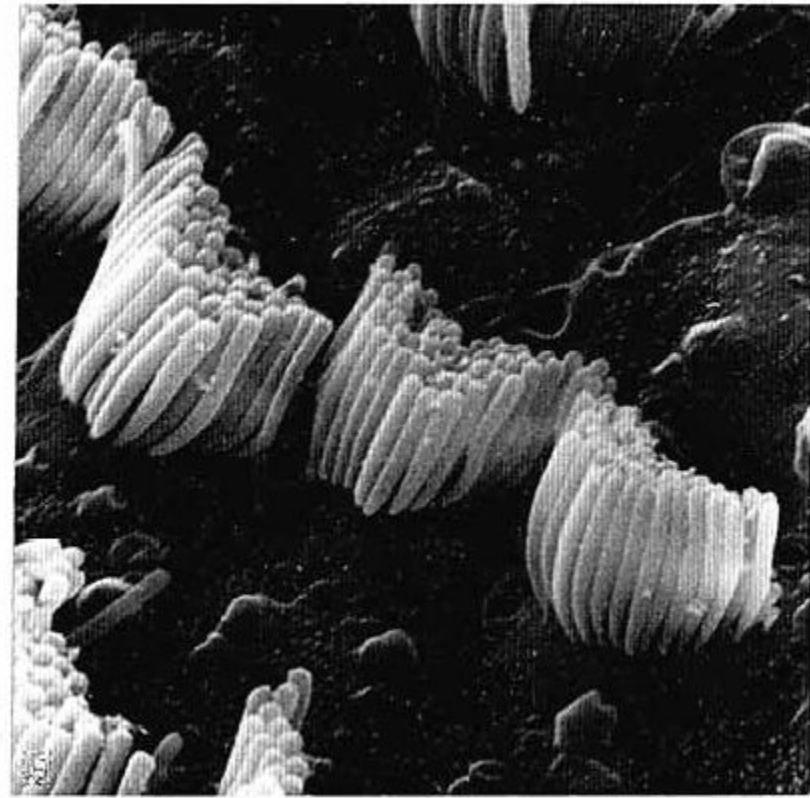
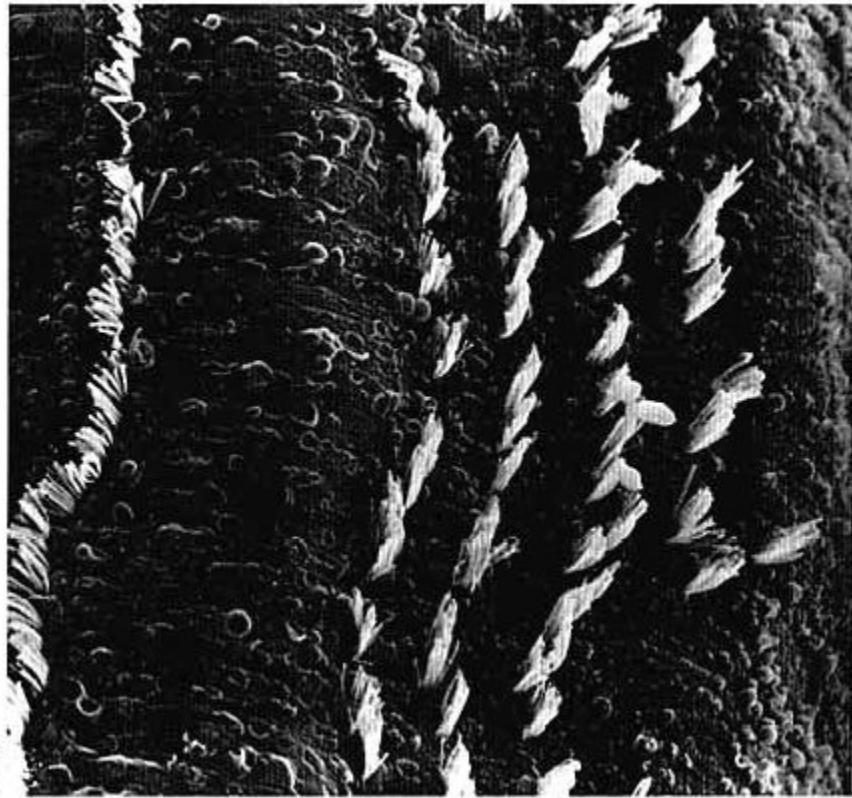
Scanning electron micrograph of a group of outer hair cells arranged in three rows, showing the arrangement of their stereocilia and related phalangeal processes of the Deiters' cells, collectively forming the reticular lamina (see text). Short microvilli are visible on the surfaces of the non-sensory cells (guinea pig). Magnification $\times 3000$.



Scanning electron micrograph of the apices of two outer hair cells showing the different lengths of the stereocilia in the three ranks which constitute each group. Microvilli are also seen on the surface of the Deiters' cells (right). The innermost row of outer hair cells is shown; the tunnel of Corti, roofed by rod cell processes, is on the left. Magnification $\times 5000$. (Supplied by Hilary C Dodson, Institute of Otolaryngology, London, photographed by Michael Crowder, Guy's Hospital Medical School, London.)



Electron micrograph of an inner hair cell (guinea pig) showing the apical stereocilia with bases embedded in the dense cuticular plate. Note the centrally placed nucleus and numerous cytoplasmic organelles. The apex of a rod cell is visible on the left and below it the cavity of the tunnel of Corti. Magnification $\times 3000$. (Supplied by Hilary C. Dodson, Institute of Otolaryngology, London.)



Scanning electron micrographs of the surface of a spiral organ from a human cochlea. **A** is a low power view showing a single row of inner hair cells (left) and three rows of outer hair cells, with additional rows in places. **B** is a higher magnification of stereocilial bundles of outer hair cells. (Supplied by H Felix, M Gleeson and L-G Johnsson, ENT Department, University of Zurich and Guy's Hospital, London.)



Whole mount preparation of the spiral organ from a human cochlea, stained with osmium to show the distribution of tissues including the myelinated nerve fibres. Magnification $\times 20$. (Supplied by H Felix, M Gleeson and L-G Johnsson, ENT Department, University of Zurich and Guy's Hospital, London.)

Восприятие звуковых раздражений

Восприятие звуковых раздражений упрощённо включает следующие события:

1. **Колебания перилимфы в барабанной лестнице**
2. **Резонансные колебания определённых участков базилярной пластинки**
3. **Изменение контакта стереоцилий сенсорных клеток с покровной мембраной**
4. **Возбуждение сенсорных клеток**
5. **Передача возбуждения на дендриты чувствительных нейронов.**

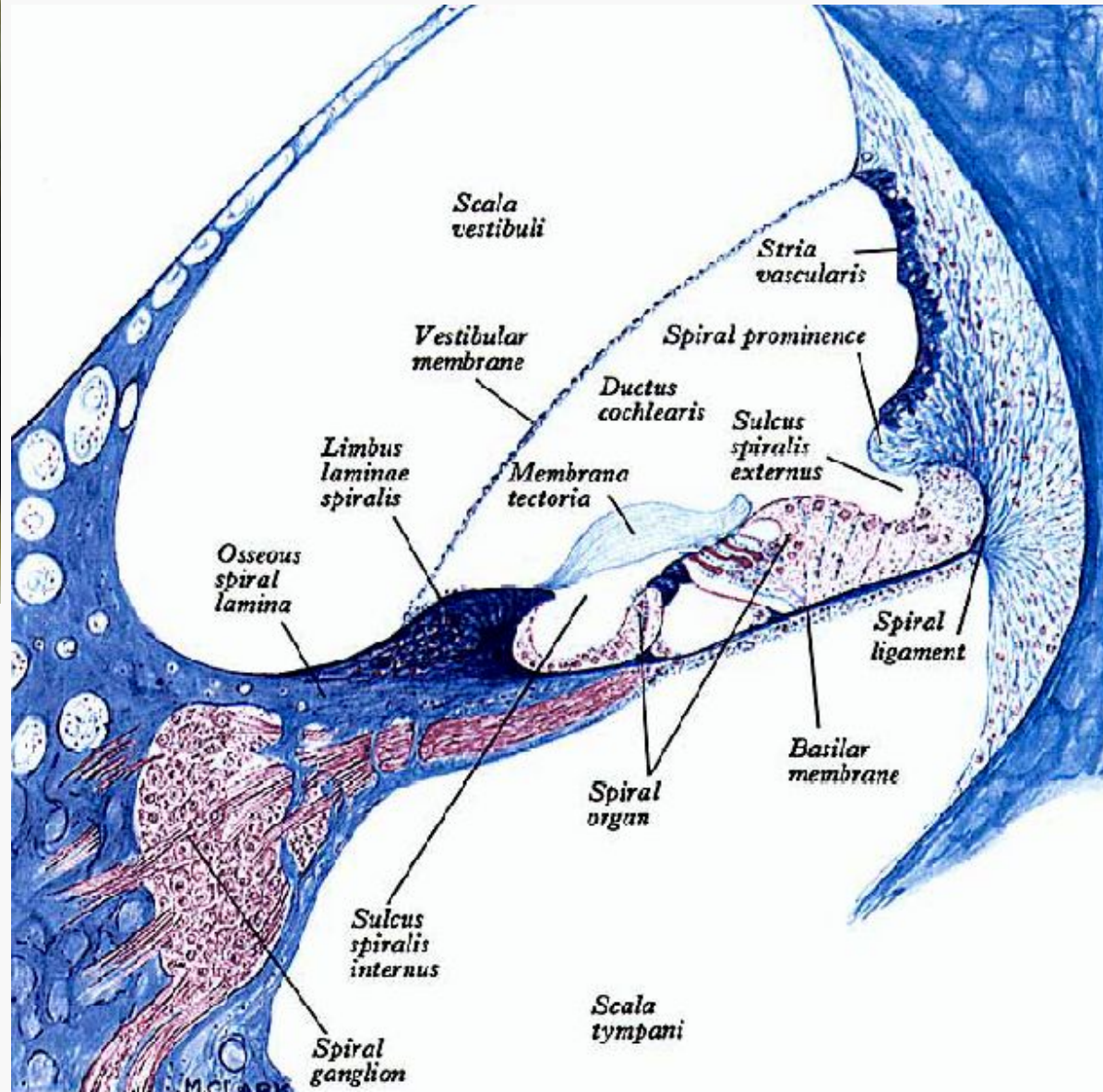
К кортиеvu органу подходят не только афферентные, но и эфферентные нервные волокна (оливокохлеарный пучок). Часть из эфферентных волокон оканчиваются на сенсорных клетках, другие - на отходящих от этих клеток афферентных волокнах (образуя аксодендритические синапсы).

Эфферентные волокна оказывают тормозное действие (ограничивают идущую от кортиева органа импульсацию).

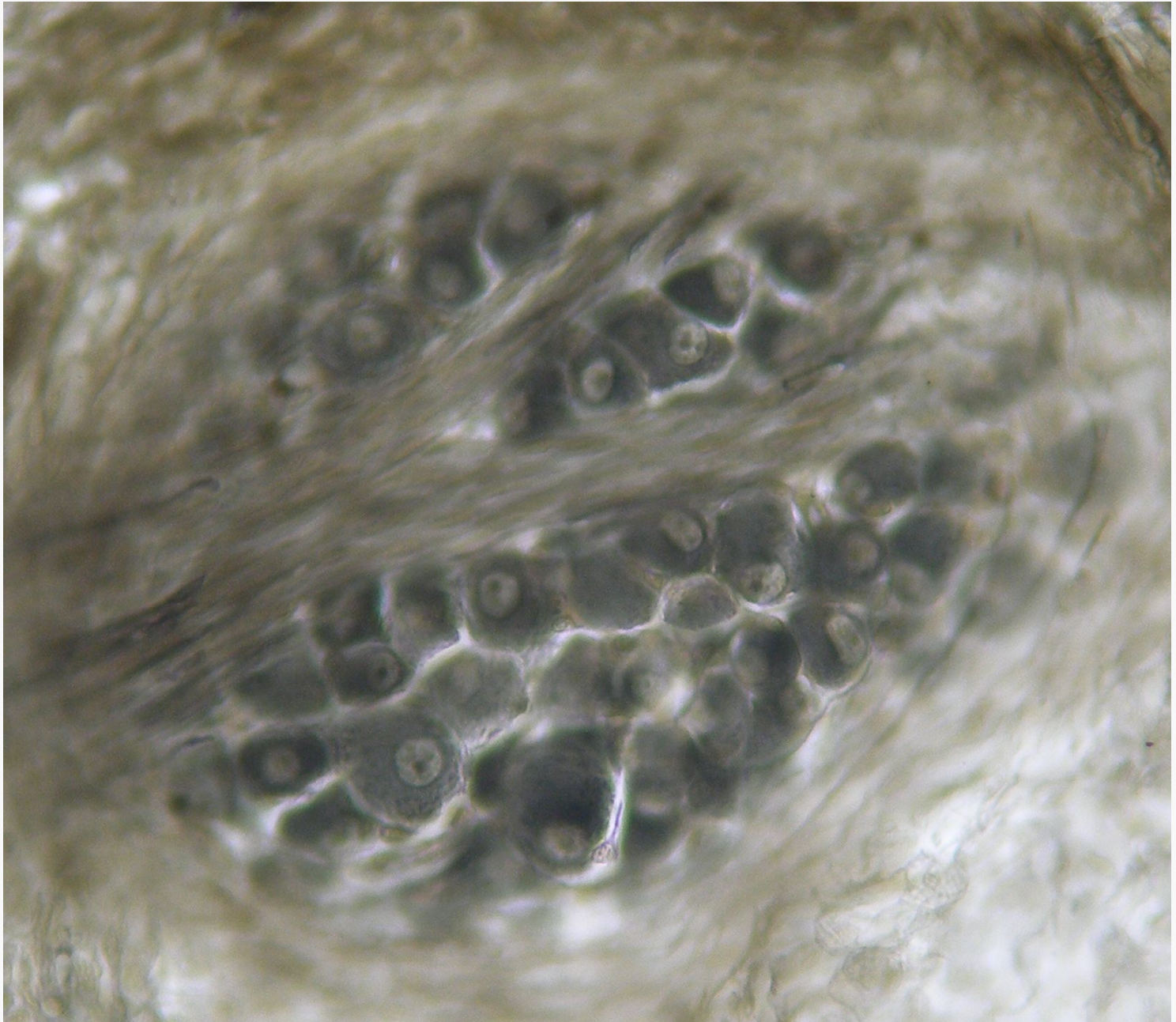
Медиаторами в образумых ими синапсах являются ацетилхолин, гамма-аминомасляная кислота (ГАМК) и глицин.

Спиральный ганглий

Тела первых (афф.) нейронов, иннервирующих кортиев орган, находятся в основании спирального костного гребня улитки и образуют спиральный ганглий.



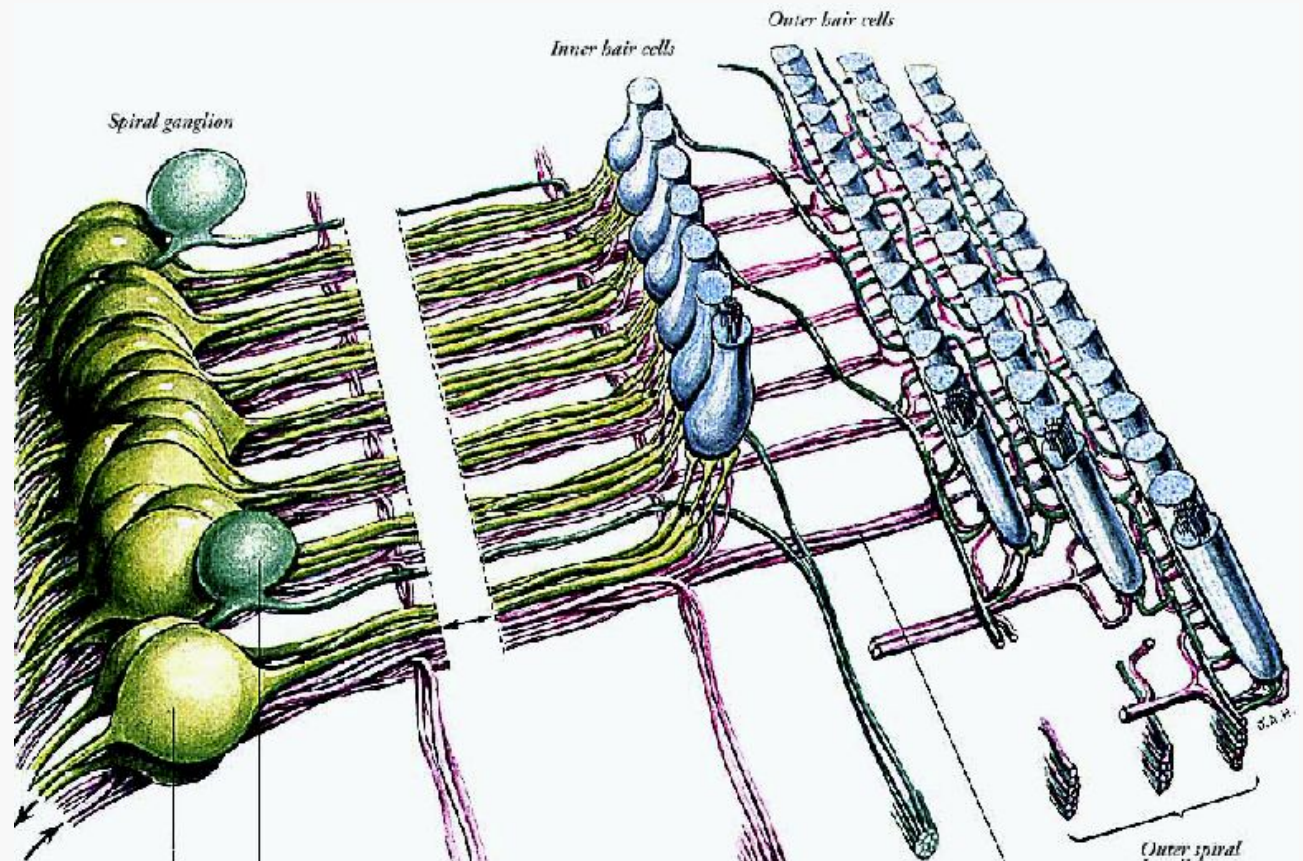
Спиральный ганглий



Спиральный ганглий

Дендриты подходят к базилярной мембране (теряя миелиновую оболочку). Часть направляется к внутренним волосковым клеткам; другая часть проходит через туннель и идёт к наружным волосковым клеткам.

Аксоны нейронов спирального ганглия направляются в составе n. VIII (n. vestibulocochlearis) в соответствующее ядро в варолиевом мосту.



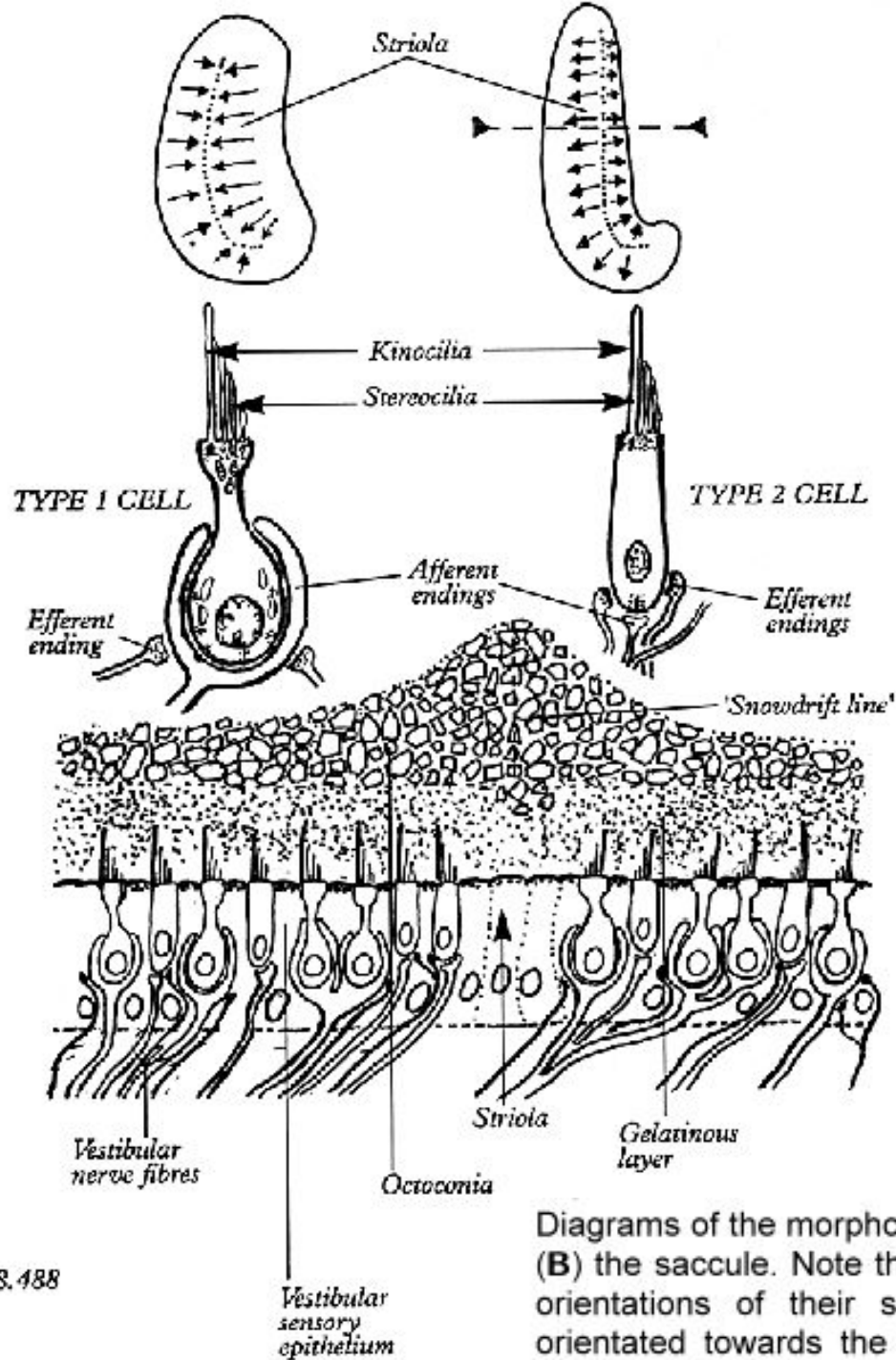
Вестибулярный отдел лабиринта

Два образования: собственно преддверие (vestibulum), содержащее два мешочка - эллиптический и сферический; 3 полукружных канала с ампулами. Здесь находятся рецепторы вестибулярного аппарата, реагирующего на гравитацию, вибрацию и угловые ускорения.

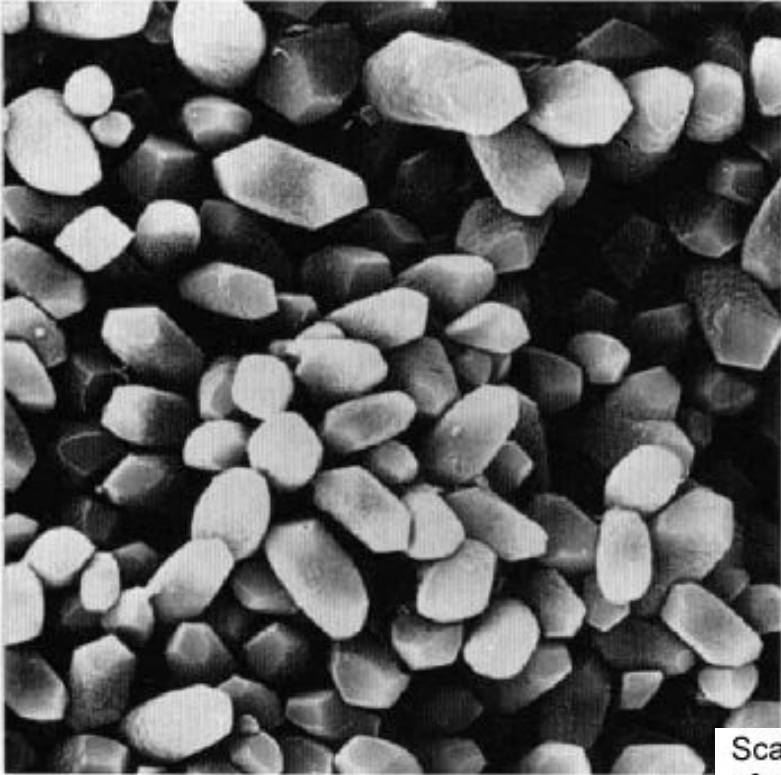
Рецепторные пятна

В обоих мешочках имеется по одному рецепторному участку - пятну, или макуле. Строение пятен практически одинаково. В эпителии пятна - три элемента: волосковые сенсорные клетки, поддерживающие эпителиоциты и отолитовая мембрана, покрывающая клетки.

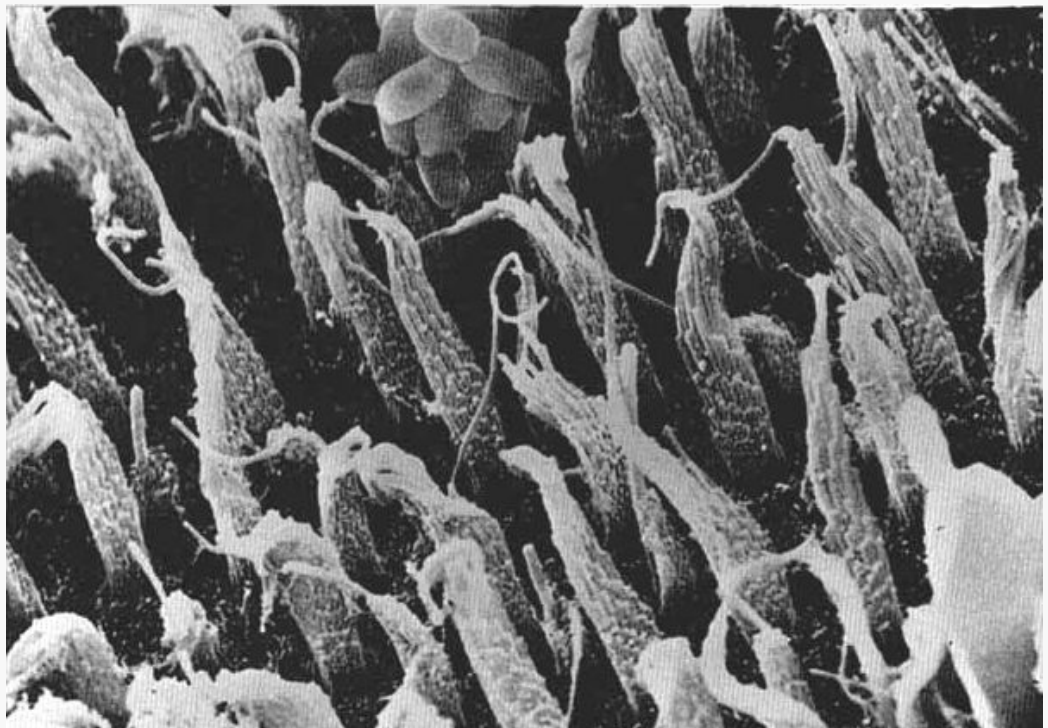
Мембрана имеет студенистую консистенцию, содержит кристаллы карбоната кальция - отолиты и почти насквозь пронизывается волосками и ресничками сенсорных клеток. Благодаря кристаллам, положение мембраны зависит от гравитационных воздействий.



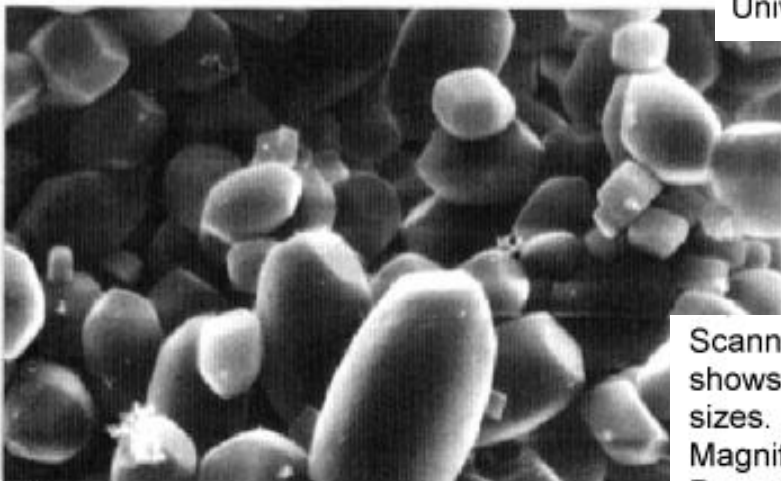
Diagrams of the morphological organization of the maculae of (A) the utricle, and (B) the saccule. Note the different shapes of the two maculae, and the different orientations of their stereocilia-kilocilium bundles; those of the utricle are orientated towards the striola, and those of the saccule, away from it. (After *Biological Sciences* 1999)



A



Scanning electron micrograph of the stereocilia-kinocilium bundles at the surface of a macula (guinea pig saccule). The stereocilia are grouped in tight conical bundles, from the apex of which the longer kinocilium emerges. Magnification $\times 2000$. (Supplied by H Felix, M Gleeson and L-G Johnsson, ENT Department, University of Zurich and Guy's Hospital, London.)



B

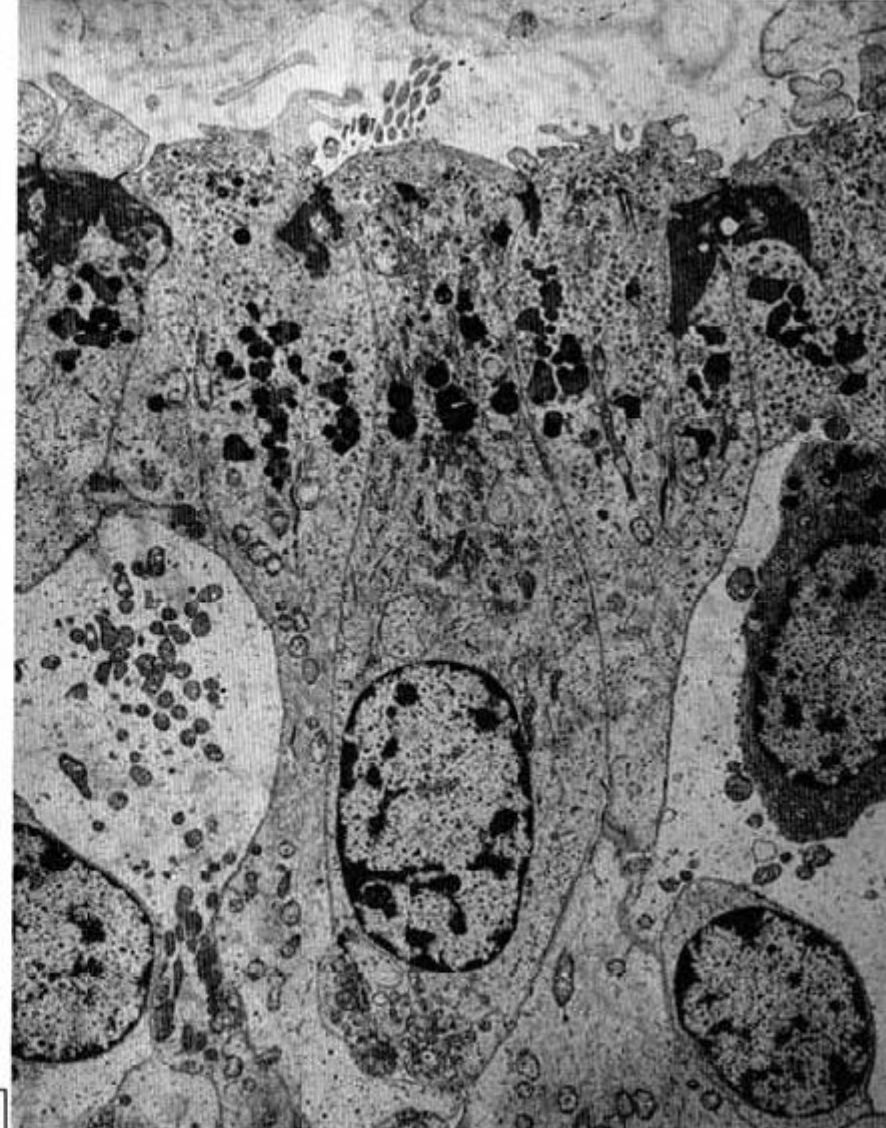
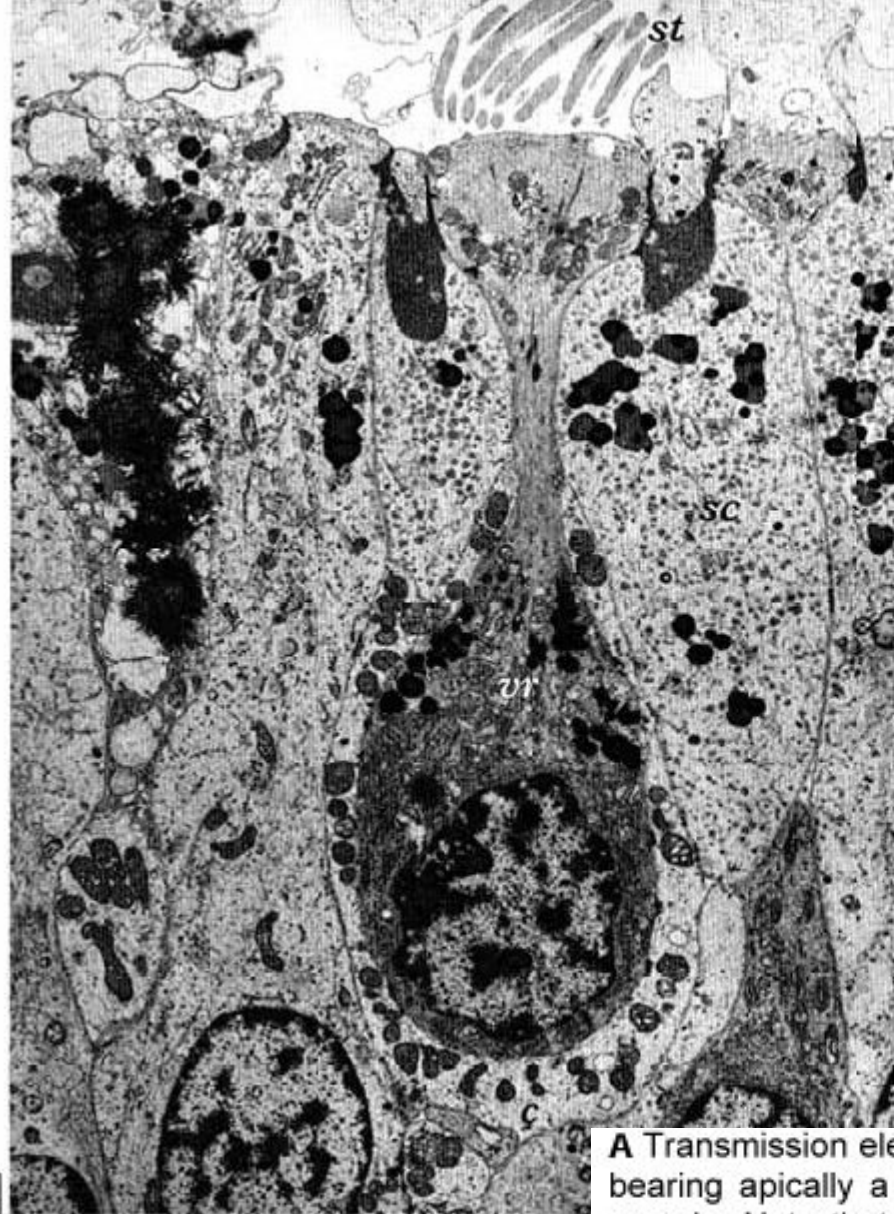
Scanning electron micrograph of otoconia overlying the saccular macula. **A.** This shows the arrangement in a guinea pig where the otoconia are all of similar sizes. **B.** Depicts human otoconia; note the great range of sizes of the otoconia. Magnification $\times 2500$. (Supplied by H Felix, M Gleeson and L-G Johnsson, ENT Department, University of Zurich and Guy's Hospital, London.)

Сенсорные клетки рецепторных пятен

Сенсорные клетки не лежат на базальной мембране эпителия, по форме бывают грушевидными и цилиндрическими. Грушевидные: нервное волокно образует вокруг неё чашу, но синаптические контакты образуются только в некоторых участках этой чаши.

Цилиндрические: нервные окончания (афферентные и эфферентные) контактируют с клеткой лишь в области её основания. В апикальных отделах тех и других клеток имеются кутикула - гликопротеиновая плёнка, 60-80 неподвижных волосков - стереоцилий объединённых в пучки, а также 1 подвижная ресничка - киноцилия.

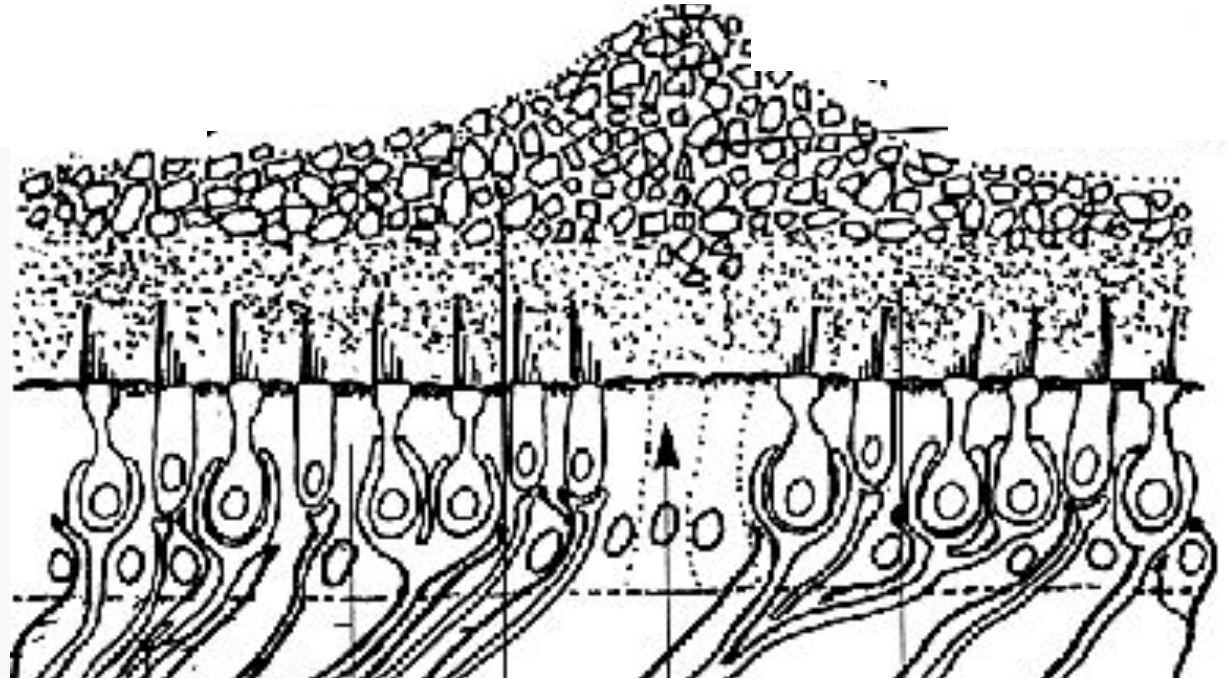
Стереоцилии и киноцилии вначале пронизывают кутикулу, а затем проходят в отолитовую мембрану. Поддерживающие клетки находятся между сенсорными, простираясь от базальной мембраны эпителия до его поверхности. Их ядра лежат в базальной части клеток.



A Transmission electron micrograph of human Type 1 vestibular sensory cell (vr) bearing apically a group of stereocilia (st) seen in vertical section through the macula. Note that the sensory cell is bottle-shaped, and that its greater part is enclosed in the calyceal ending (c) of an afferent nerve axon. Also visible are surrounding supporting cells (sc). Magnification $\times 6000$. (Supplied by H Felix, M Gleeson and L-G Johnsson, ENT Department, University of Zurich and Guy's Hospital, London.) **B** Transmission electron micrograph of human Type 2 vestibular sensory cell. The sensory cell is cylindrical, and a bouton-type afferent

Восприятие гравитационных воздействий

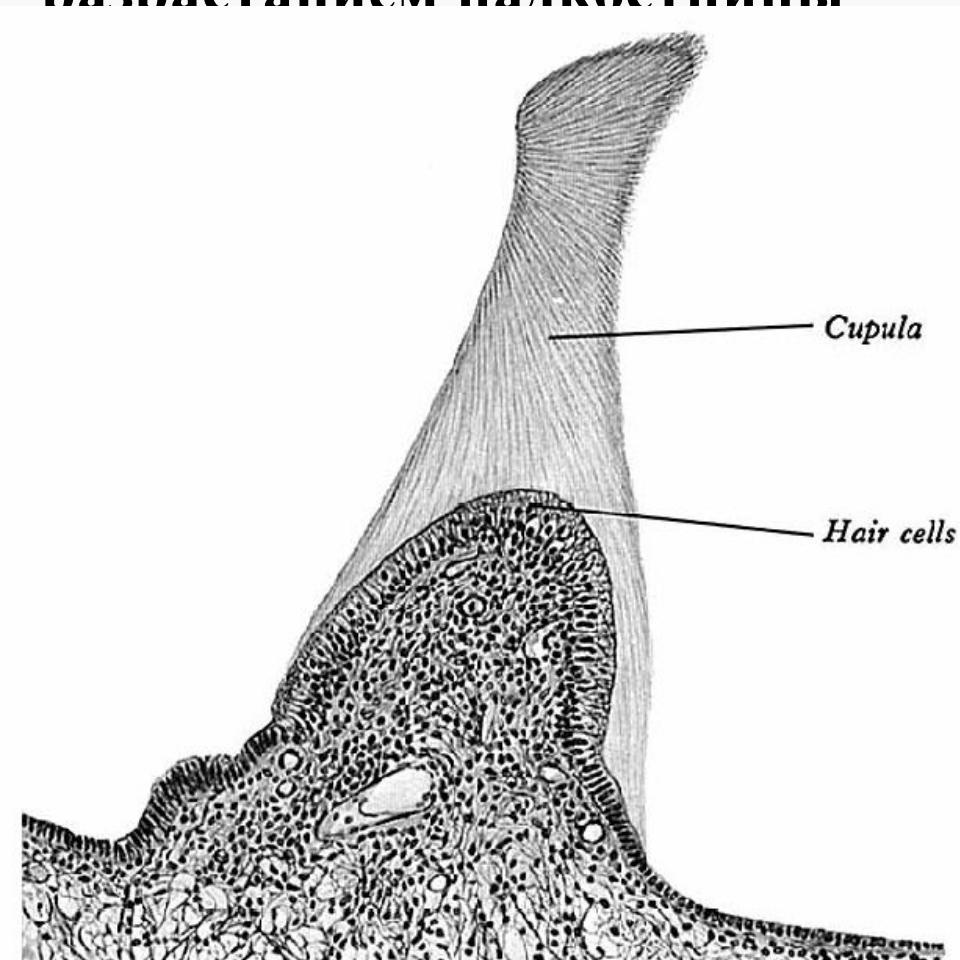
Гравитационное воздействие; Смещение отолитовой мембраны; Отклонение киноцилий; Возбуждение клетки (при отклонении киноцилии в сторону стереоцилий) или торможение клетки (при отклонении киноцилии в противоположн



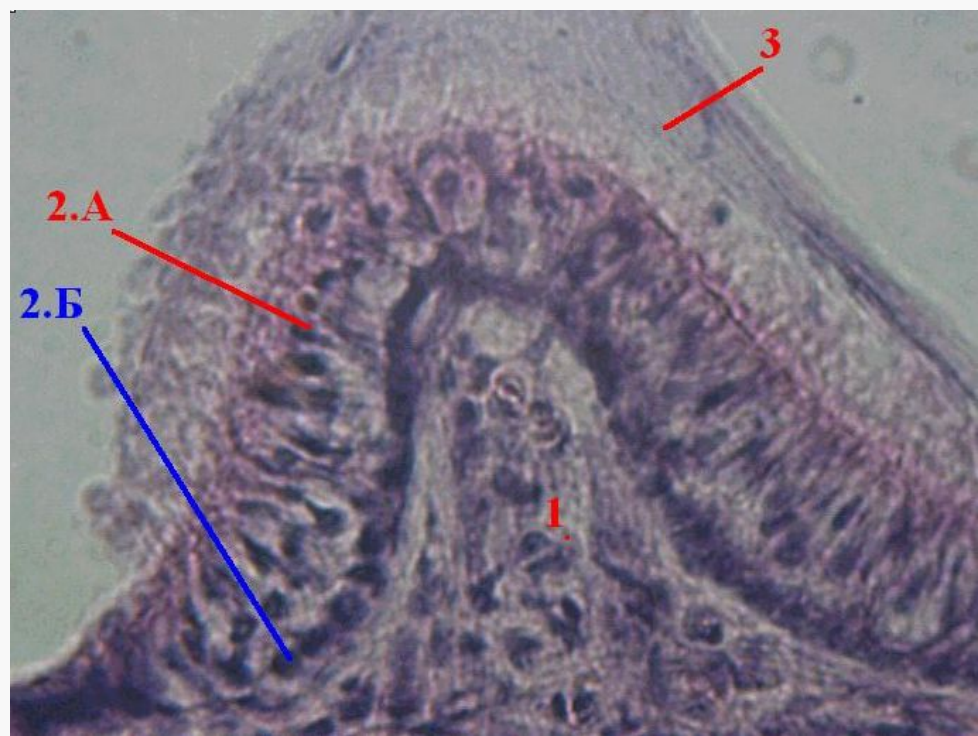
Результат - мозг получает информацию о положении тела в пространстве и реагирует изменением тонуса мышц.

Рецепторные участки полукружных каналов

В полукружных каналах рецепторные участки находятся в ампулах на поверхности ампулярных гребешков. В каждой ампуле имеется один такой гребешок (1), образованный разрастанием эпителиальной



Эпителий, покрывающий гребешок, содержит те же 3 элемента, что и в пятнах мешочков: волосковые сенсорные клетки (2.А) - образуют верхний ряд клеток, поддерживающие эпителиоциты (2.Б) - нижний ряд клеток, а вместо отолитовой мембраны - желатинозный прозрачный купол (3).



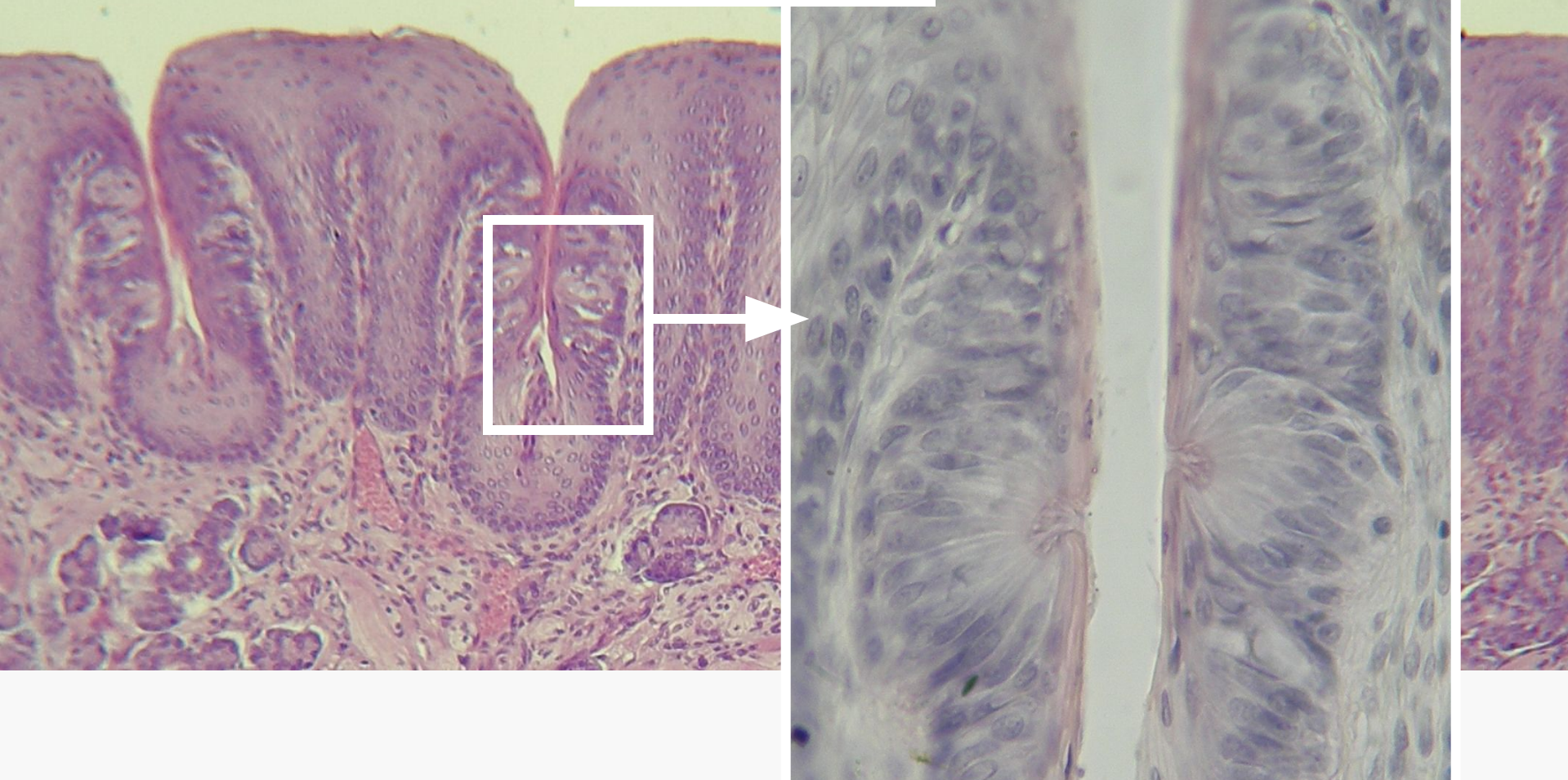
Как и в пятнах мешочков - сенсорные клетки грушевидные и цилиндрические: содержат на апикальной поверхности стереоцилии и подвижную киноцилию.

Желатинозный купол - очень высокий. При вращении тела купол под влиянием эндолимфы смещается - рецепторные клетки возбуждаются (отклонение киноцилии) и передают сигнал нервным окончаниям.

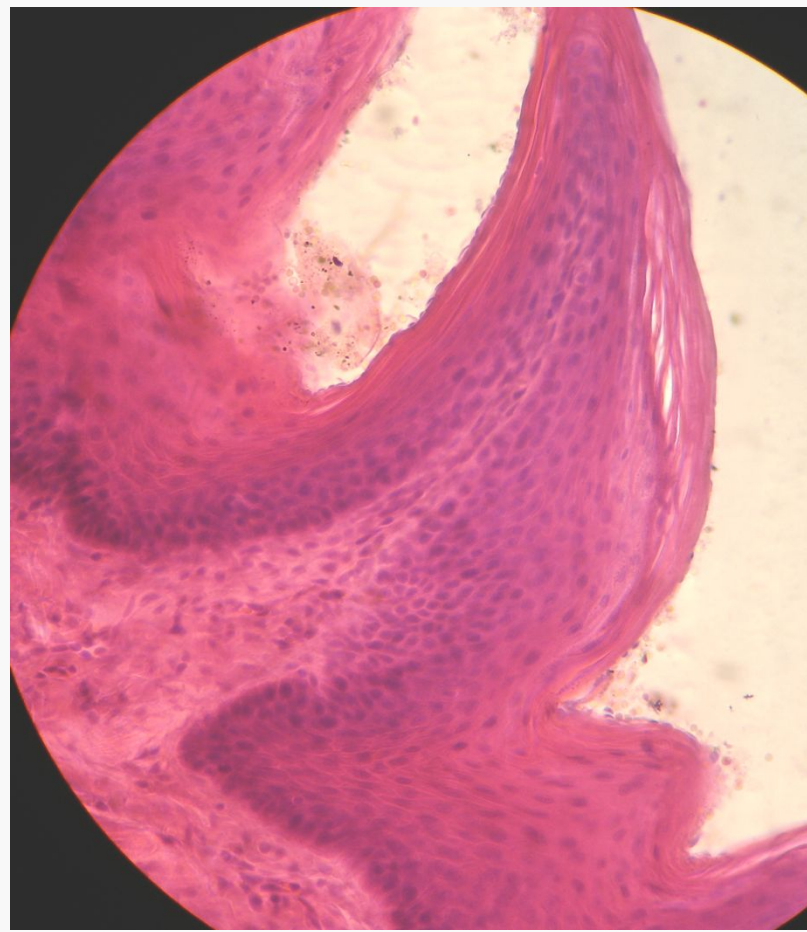
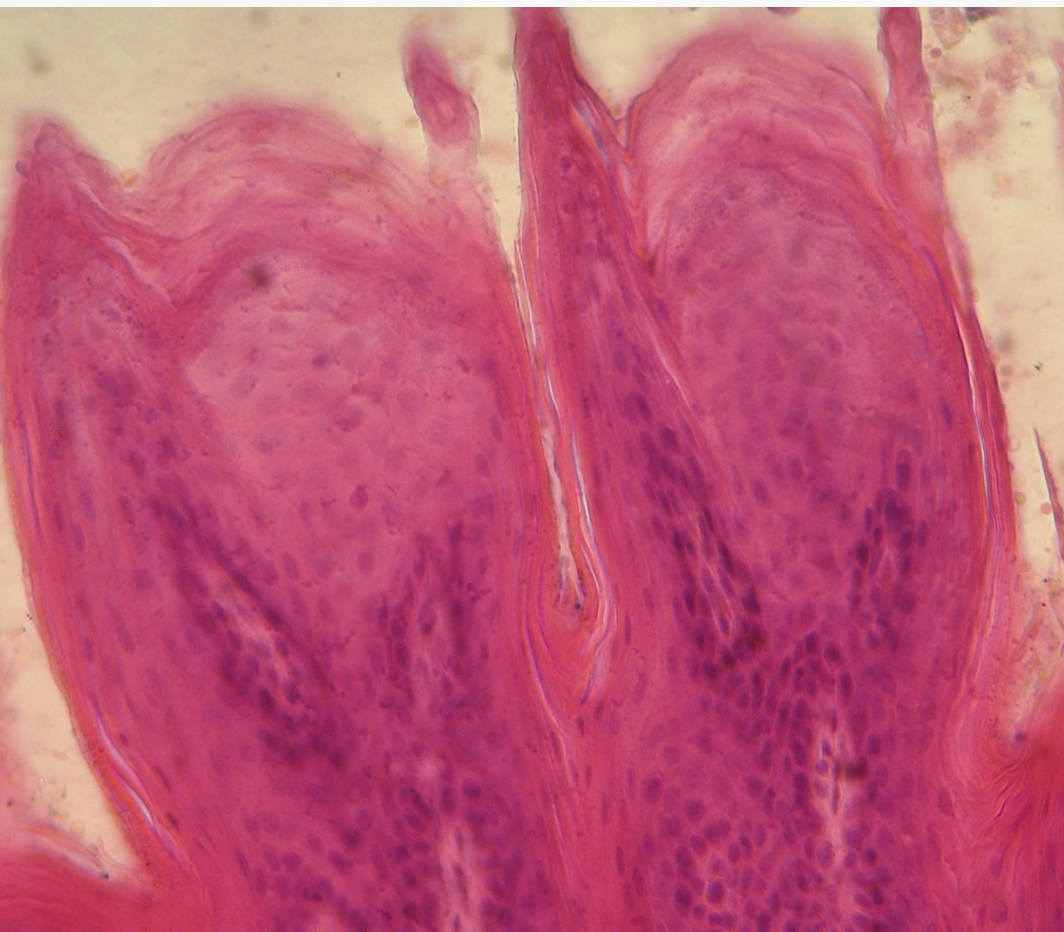
Тела нейронов, иннервирующих ампулярные гребешки и пятна мешочков, образуют вестибулярный ганглий (внутренний слуховой проход).

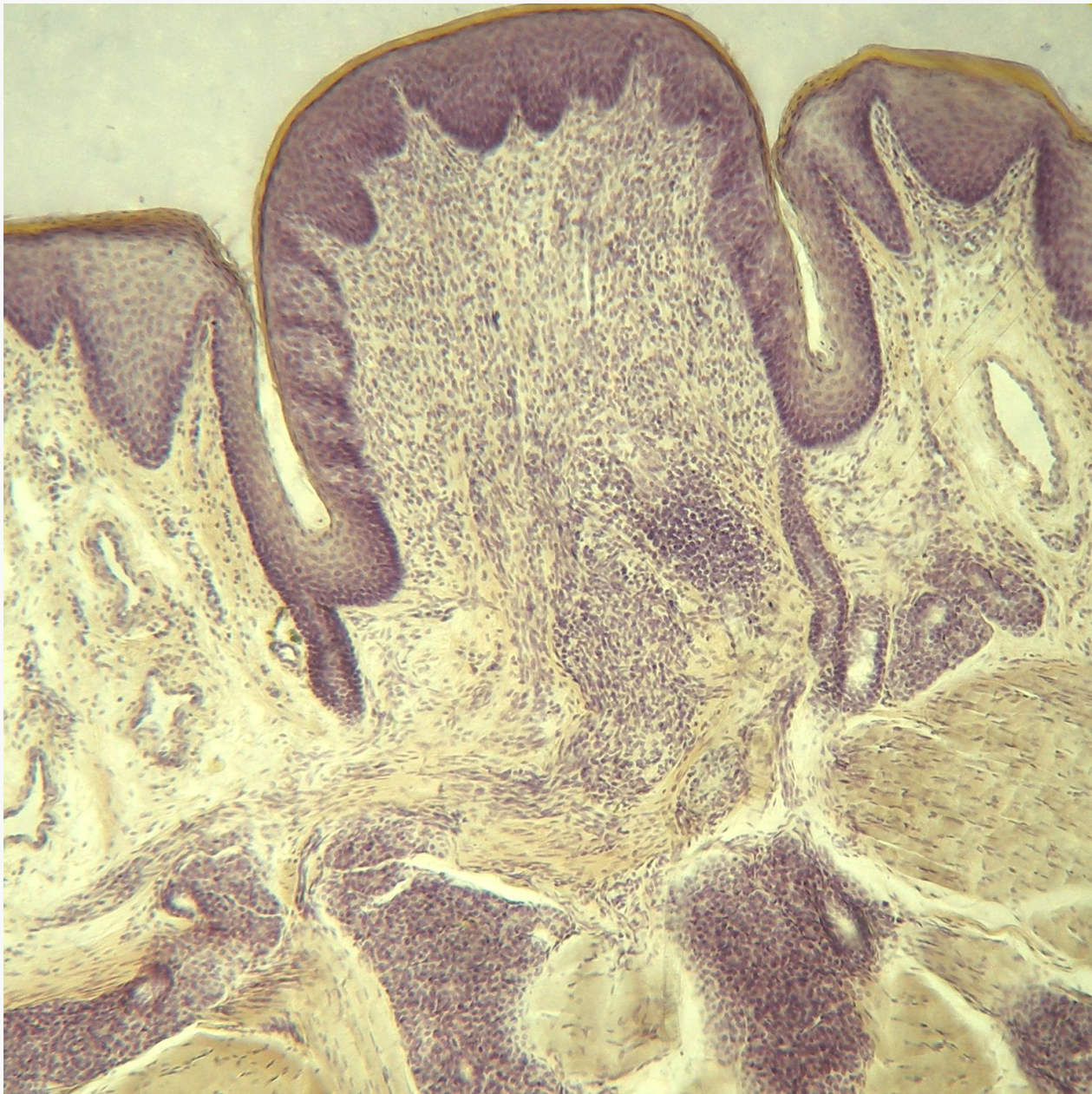
Аксоны входят в состав n. VIII (n. vestibulocochlearis).

Орган вкуса

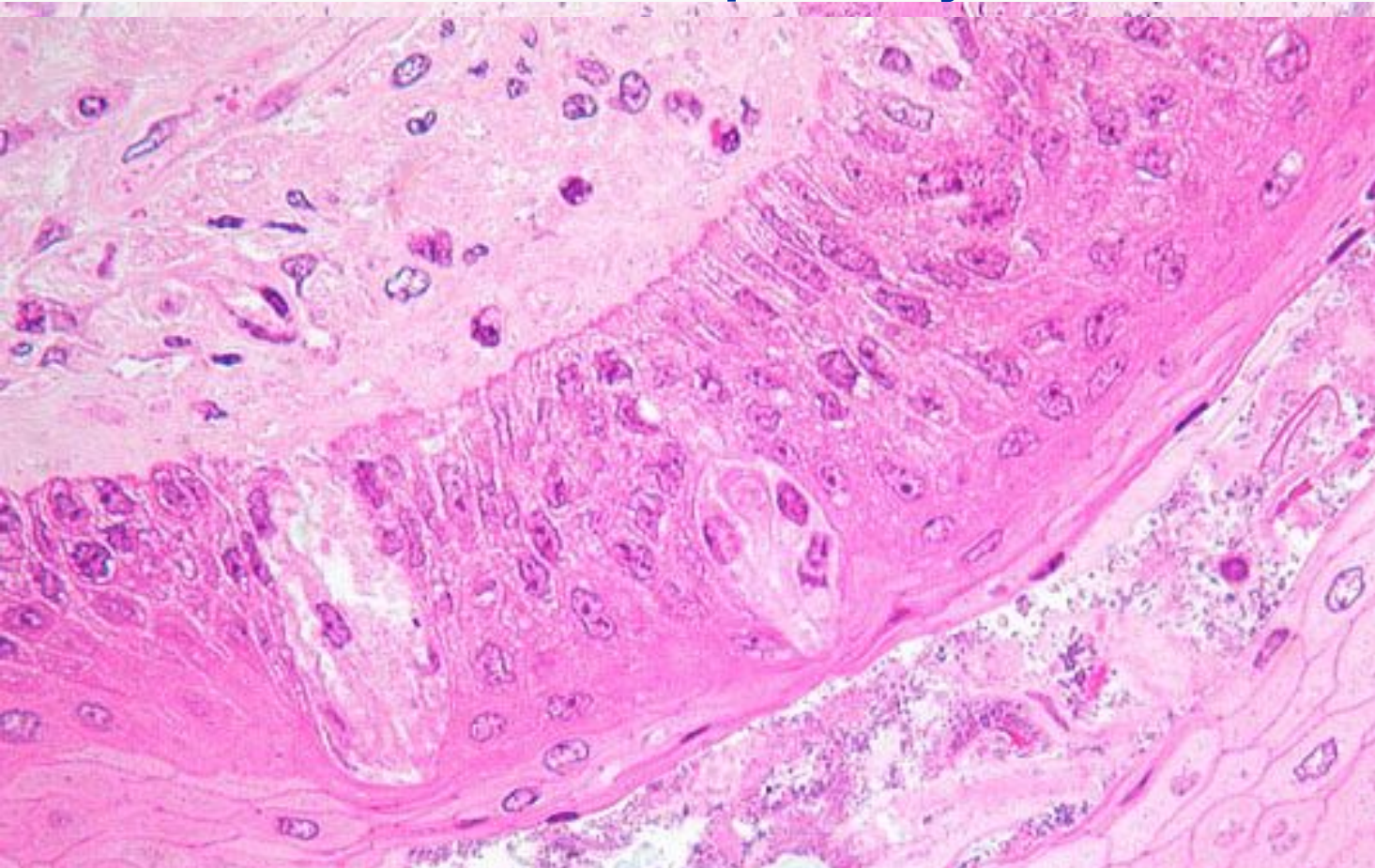


Орган вкуса - это совокупность вкусовых почек, которые находятся в эпителии боковых стенок многих сосочков языка (листовидных, грибовидных, желобоватых).





Орган вкуса



Желобоватые сосочки, покрытые многослойным плоским неороговевающим эпителием. Между сосочками - узкие просветы. С этими просветами контактируют вкусовые почки округлой или овальной формы. В эмбриогенезе эти почки развиваются из многослойного эпителия сосочков.

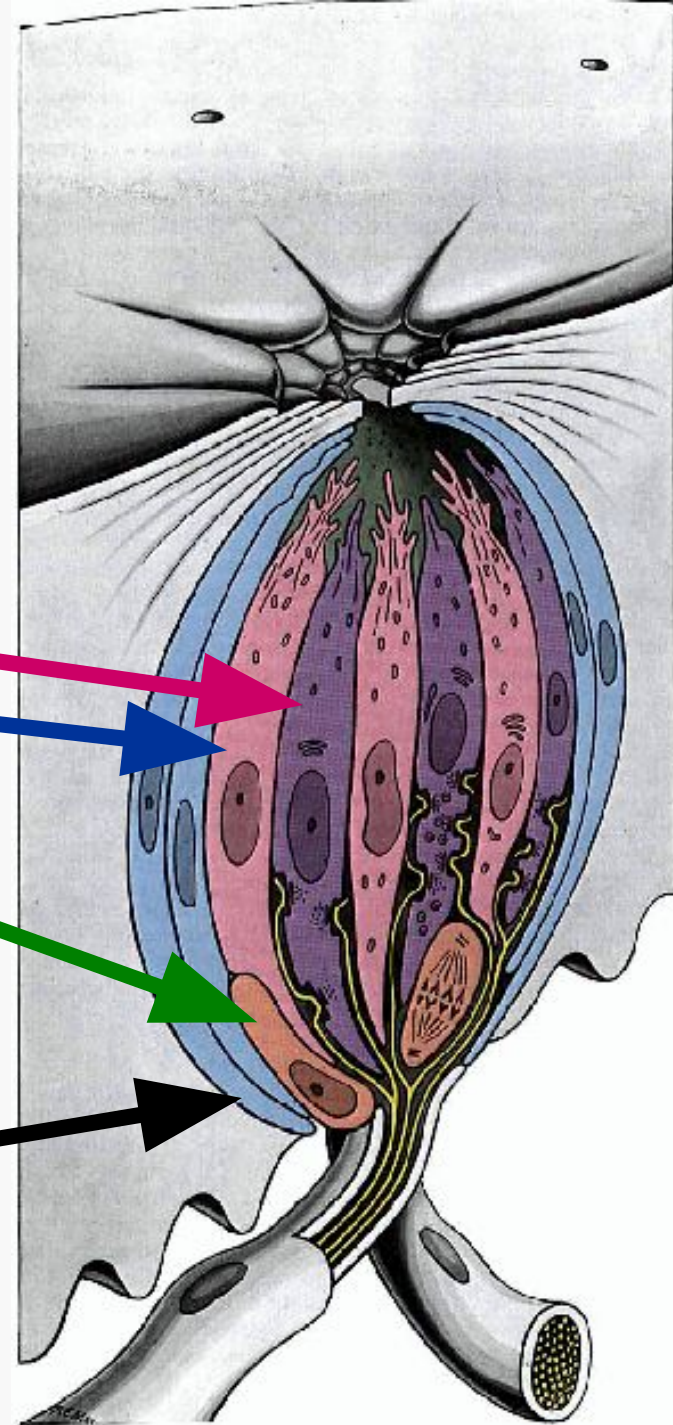
Клеточный состав

Три вида клеток вкусовой почки:

Вкусовая почка включает клетки почти тех же видов, как и обонятельный эпителий:

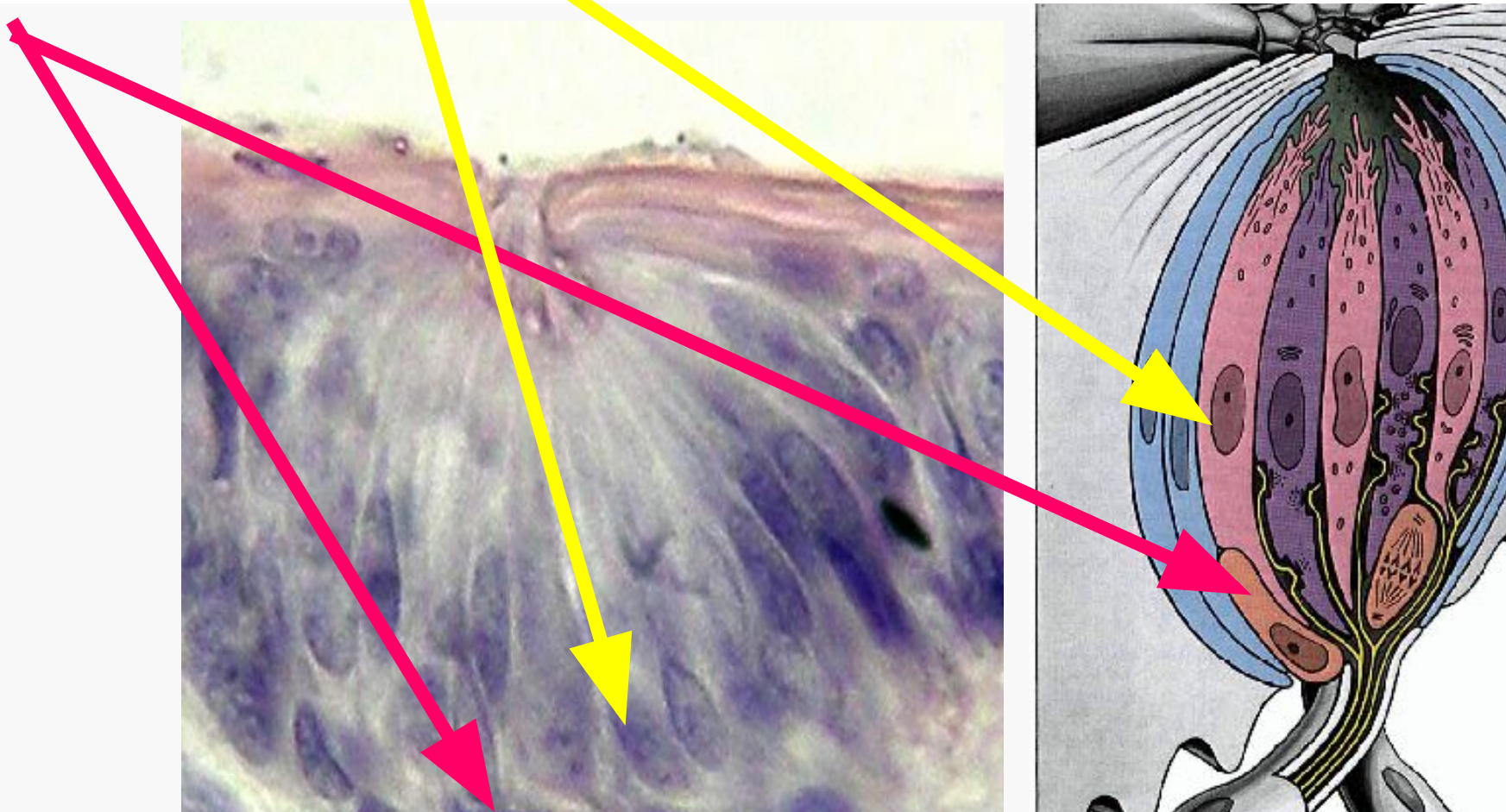
рецепторные вкусовые клетки,
поддерживающие эпителиоциты,
базальные эпителиоциты.

Но при этом у рецепторных клеток - не нервное, а эпителиальное происхождение, вся совокупность клеток образует не эпителий, а "**почку**" в составе эпителия; на периферии почки имеются клетки ещё одного вида - **перигеммальные, или периферические.**

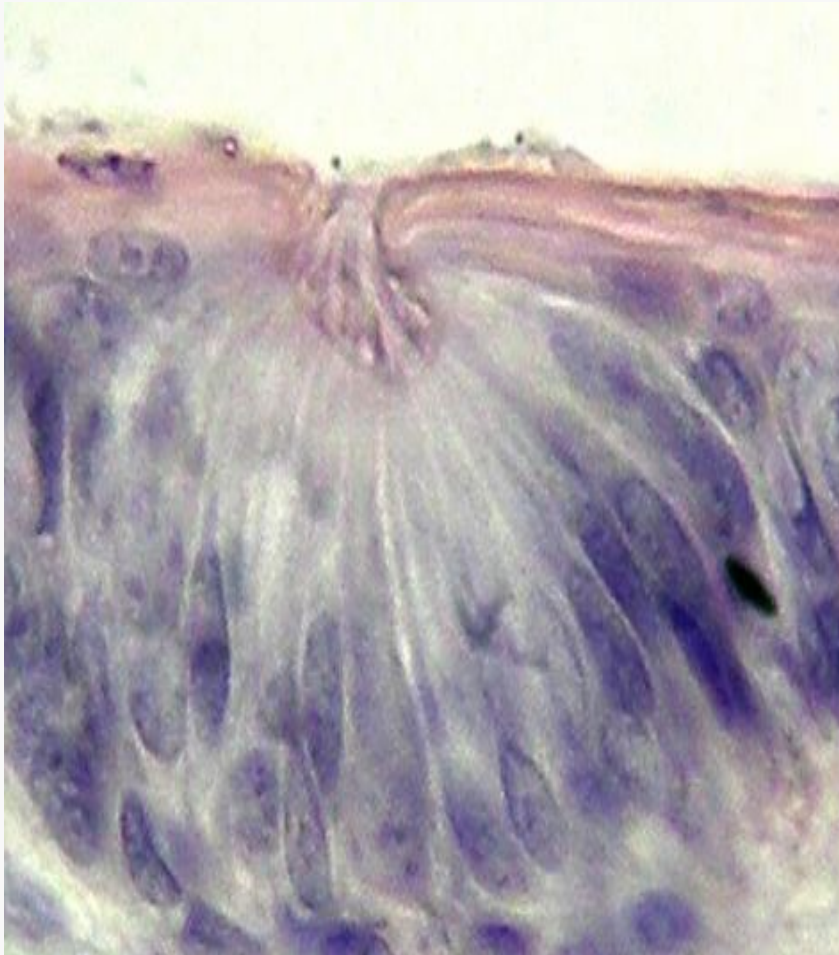


Клеточный состав

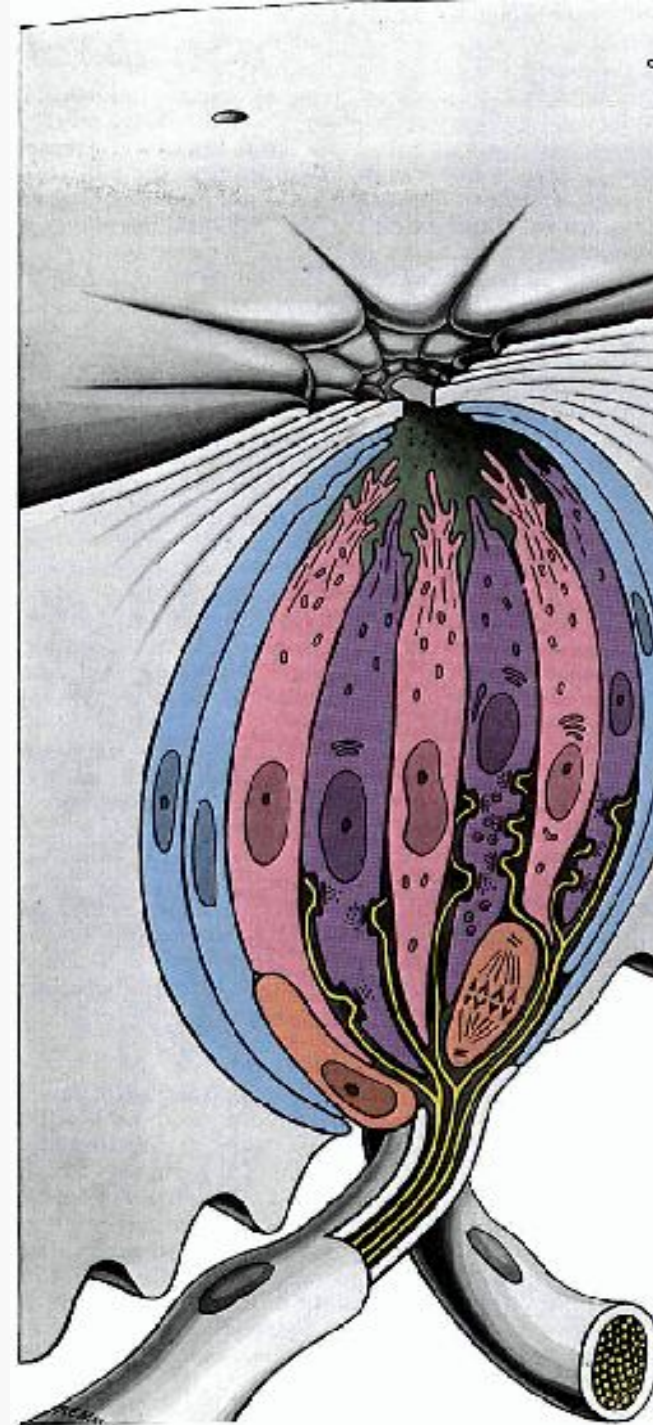
ядра чувствительных клеток вытянутой формы, образуют самый верхний ряд ядер;
ядра поддерживающих клеток - округлой формы, образуют второй ряд ядер;
ядра базальных клеток располагаются у основания почки.



Клеточный состав

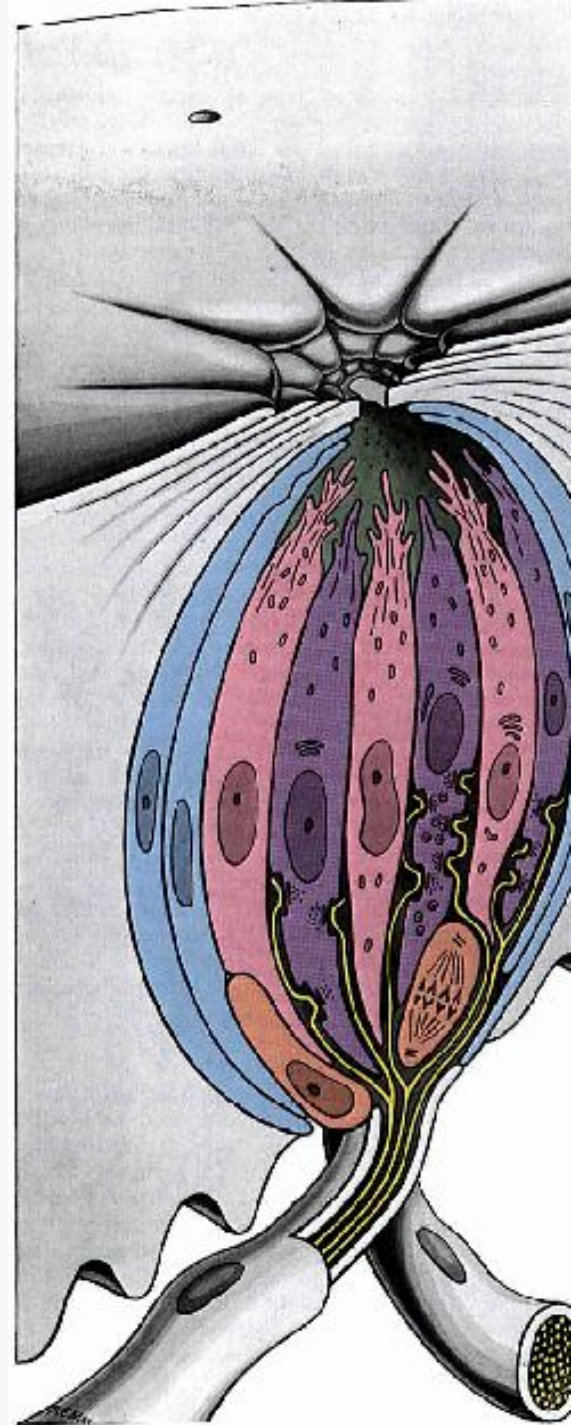
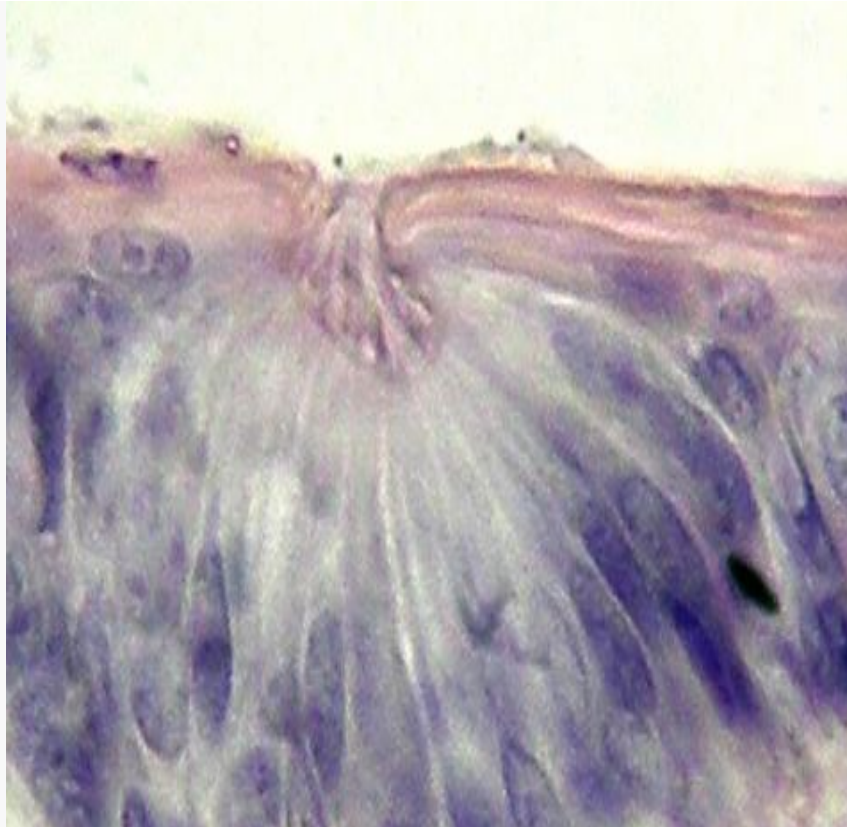


**Устье вкусовой почки называется
вкусовой порой.
Она контактирует с промежутком
между сосочками языка.**



Характеристика клеток

**В области вкусовой поры находятся:
микроворсинки, содержащие на мембране
специфические рецепторы и между ними
- адсорбент сложного состава,
необходимый для концентрирования
вкусовых веществ.**



Характеристика клеток

Рецепторные белки в микроворсинках настроены на восприятие определённого вкуса.

При этом во вкусовой почке представлены рецепторы для нескольких видов вкуса.

В почках передней части языка находится сладкоресепторный белок, а в почках задней части языка - горькоресепторный.



Характеристика клеток

С базальной стороной чувствительных клеток контактируют нервные окончания.

Возбуждение вкусовых рецепторов на микроворсинках изменяет потенциал клеток и через синапсы передаётся нервным окончаниям.



Чувствительные нейроны

Дендриты чувствительных нейронов от вкусовых почек языка вначале идут в составе одной из ветвей тройничного нерва, затем входят в состав лицевого нерва и подходят к телам чувствительных нейронов, образующих небольшой узелок (ganglion geniculi) в толще височной кости по ходу лицевого нерва.



Чувствительные нейроны

Поддерживающие эпителиоциты вкусовой почки принимают участие в синтезе адсорбента. Базальные эпителиоциты прилежат к базальной мембране почки могут дифференцироваться в клетки остальных двух видов. Постоянное обновление сенсорных и поддерживающих клеток вкусовых почек происходит 2 раза в месяц (средний срок их жизни - около 10 суток).

