

Введение

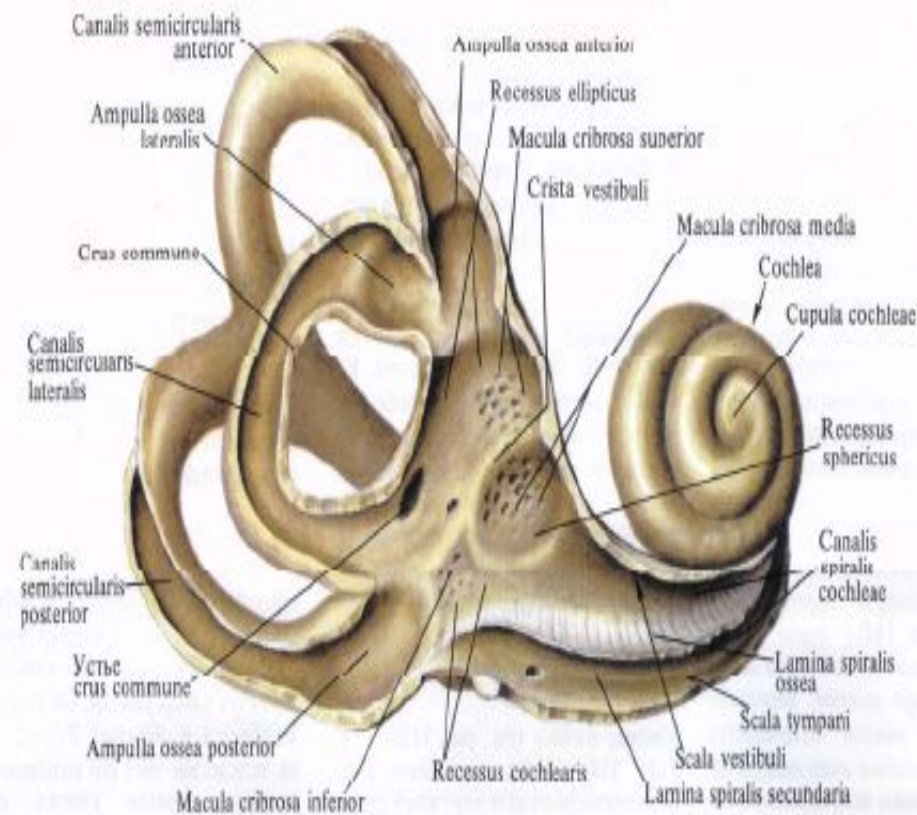
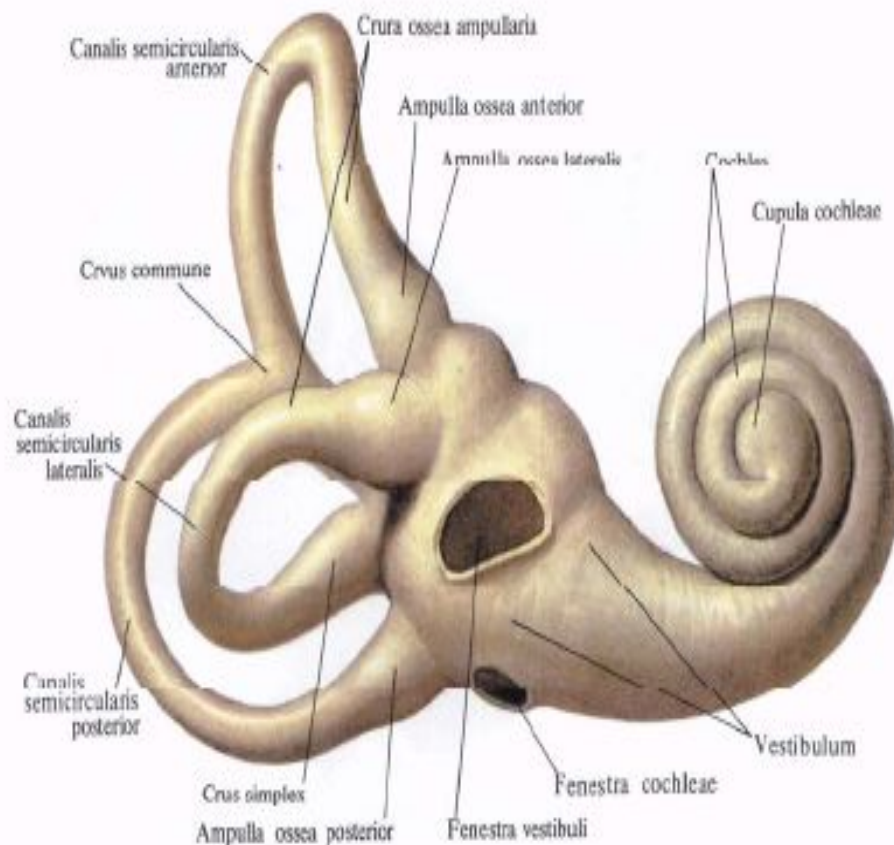
путем регистрации линейных и угловых ускорений головы через вестибулярные рецепторы вестибулярного аппарата мы в состоянии ответить на следующие вопросы:

- где верх?
- куда я иду?
- нахожусь в покое или перемещаюсь?
это позволяет нам подсознательно:
- поддерживать баланс
- рефлекторно поддерживать вертикальное положение, прямохождение
- выполнять рефлексивные движения глаз (для стабилизации изображения на сетчатке, несмотря на движение головы и тела)

Вестибулярный анализатор

- Функция органа равновесия заключается в восприятии гравитации, линейных и угловых ускорений, которые преобразуются в нервные сигналы, передаваемые в ЦНС, где сигналы декодируются и образуется сигнал, координирующий работу мышц, что позволяет сохранять равновесие и ориентироваться в пространстве.

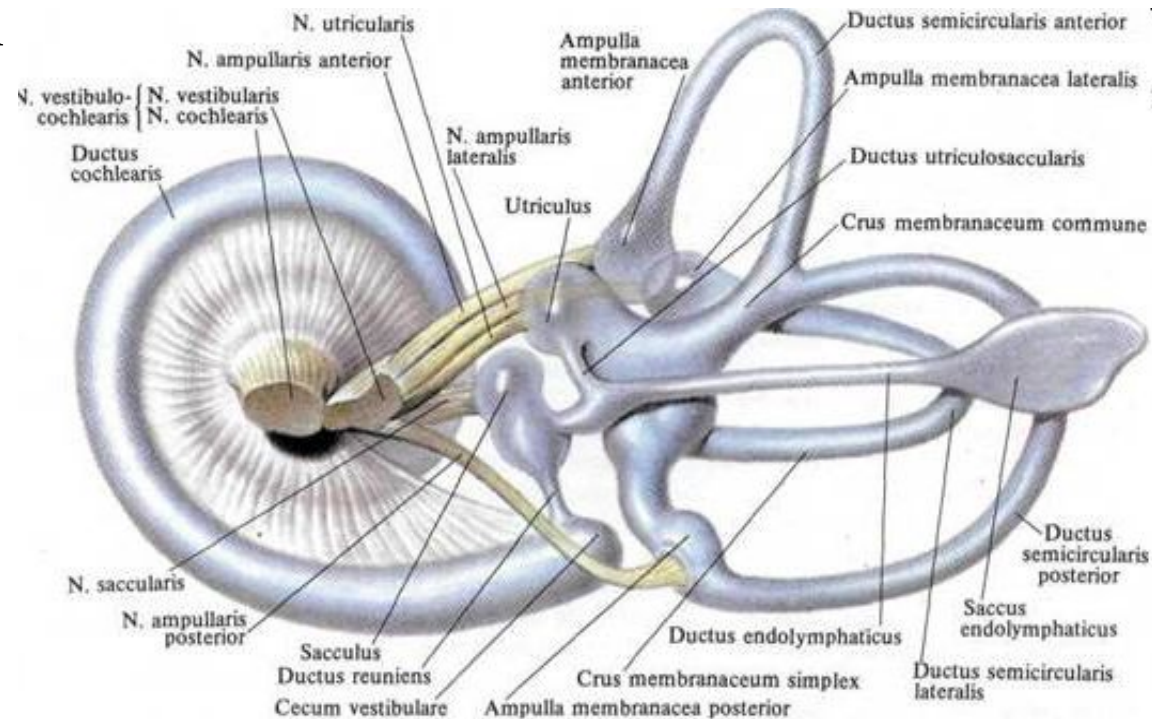
Внутреннее ухо (auris interna) состоит из костного лабиринта и перепончатого лабиринта. Костный лабиринт состоит из: **преддверия, улитки, полукружных каналов, водопровода преддверия и канальца улитки.**

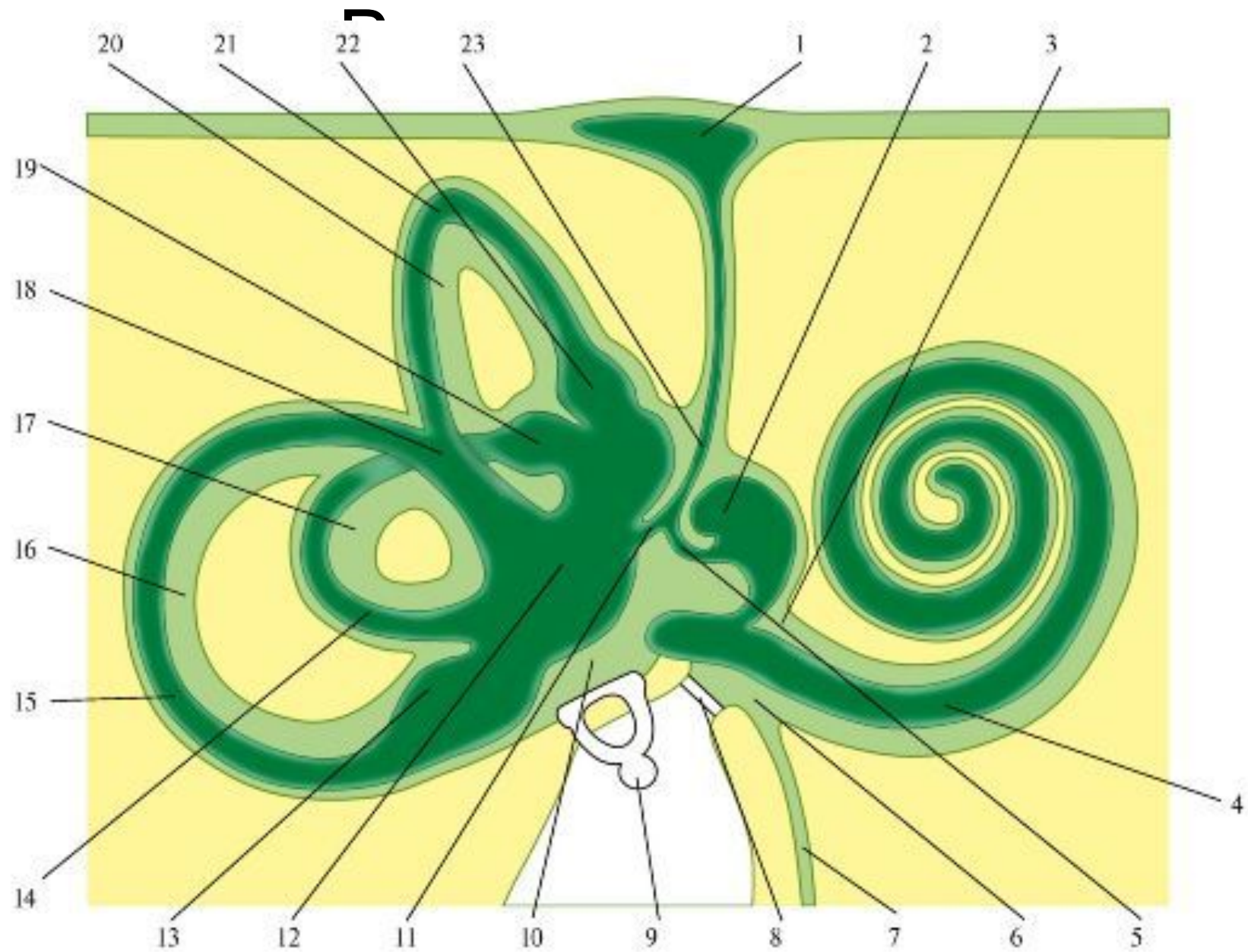


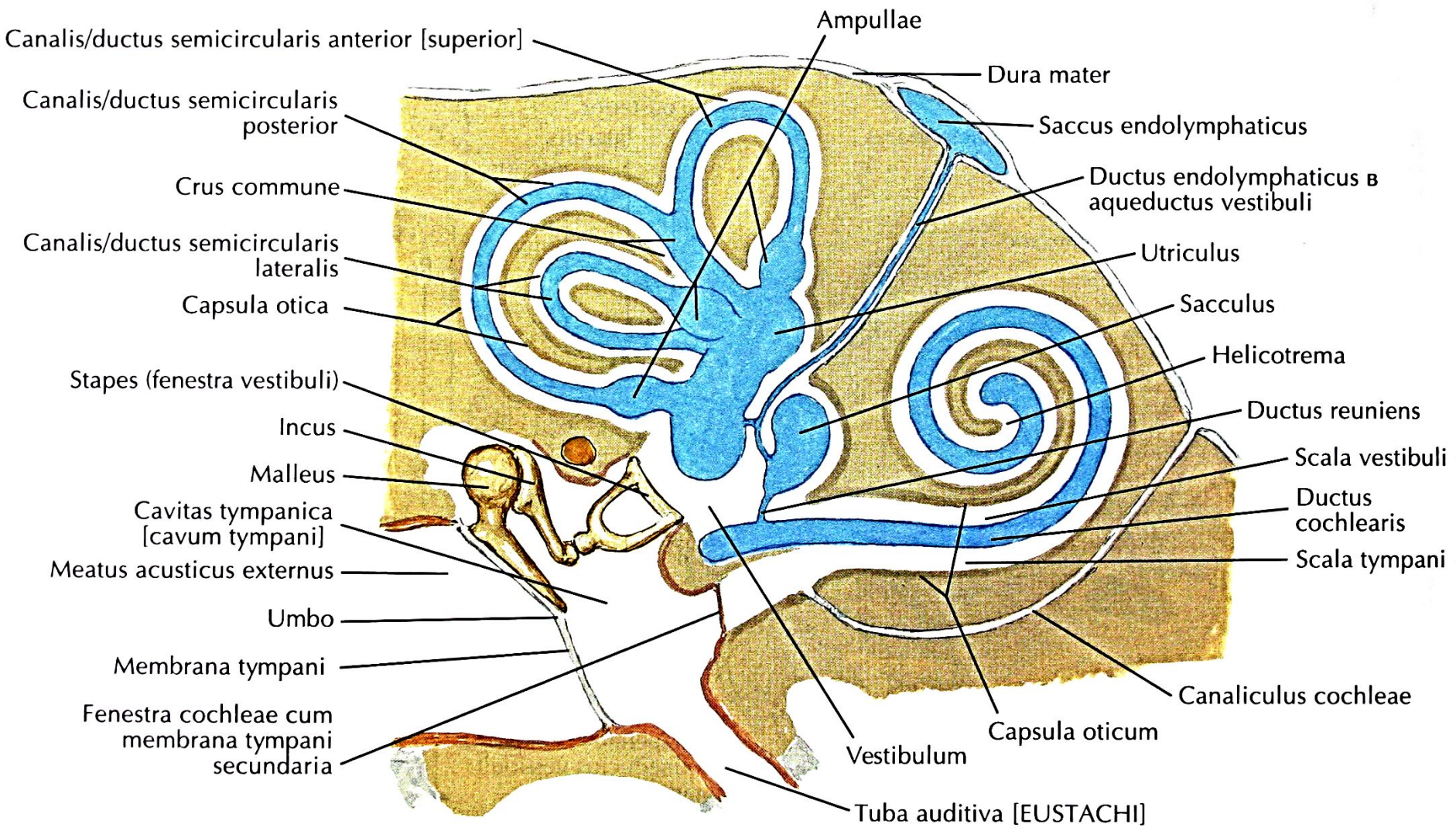
Перепончатый лабиринт

Лежит внутри костного,
это система замкнутых
каналов и полостей.

Состоит из:
двух мешочков
преддверия,
трех полукружных
протоков,
протока улитки,
эндолимфатического
мешочка и протока.

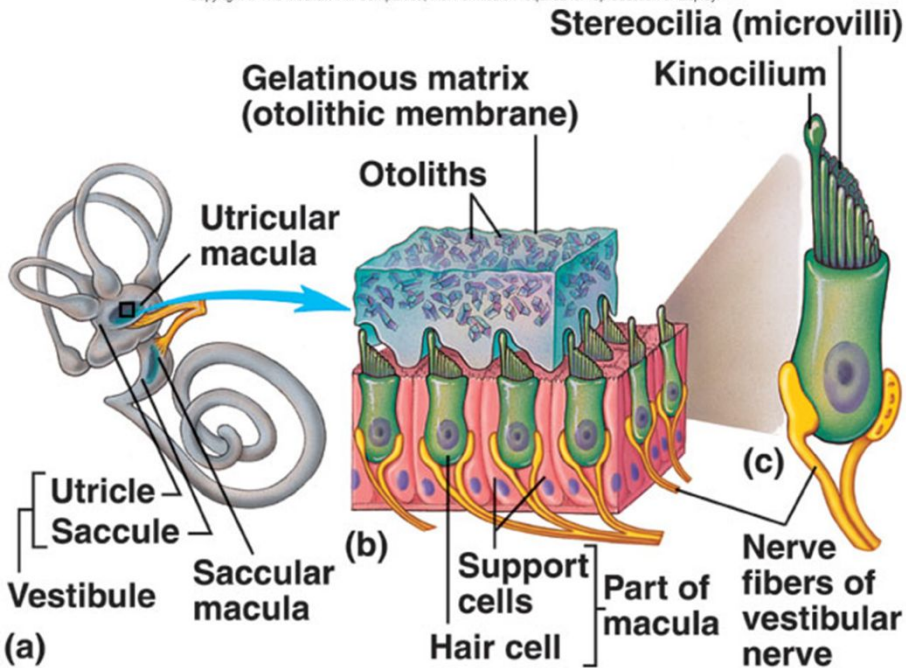




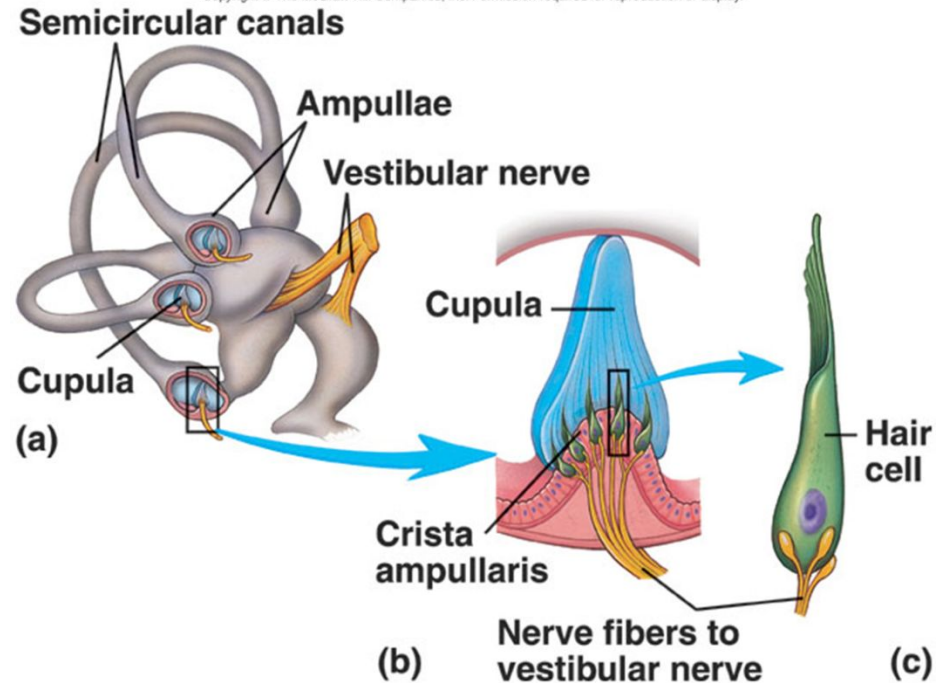


Вестибулярный аппарат

- является периферическим отделом анализатора равновесия.
- Он включает специализированные рецепторные зоны, локализующиеся в мешочке, маточке и ампулах полукружных каналов перепончатого лабиринта.



ампулярные гребешки (cristae ampullares)

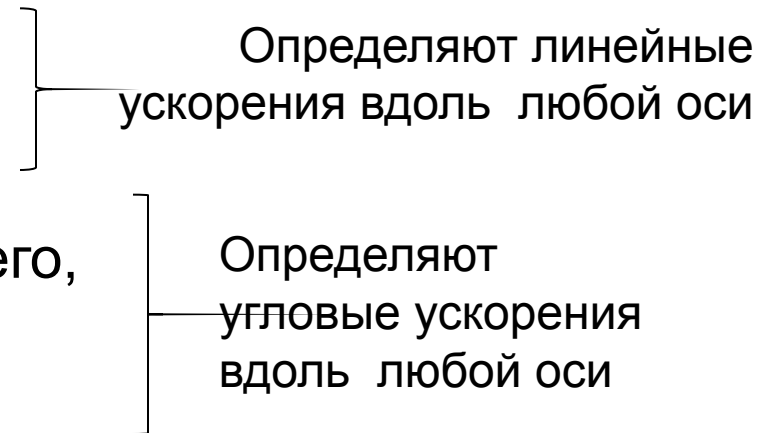


пятна эллиптического (maculae utriculi) и сферического мешочка (maculae sacculi)

вестибулярные рецепторы

пять видов рецепторов,
расположенных в каждом из двух
вестибулярных лабиринтов (правом и
левом):

- волосковые клетки **пятен мешочка**
- волосковые клетки **пятен маточки**
- Волосковые клетки **гребешков**
полукружных каналов (переднего,
горизонтального и заднего)

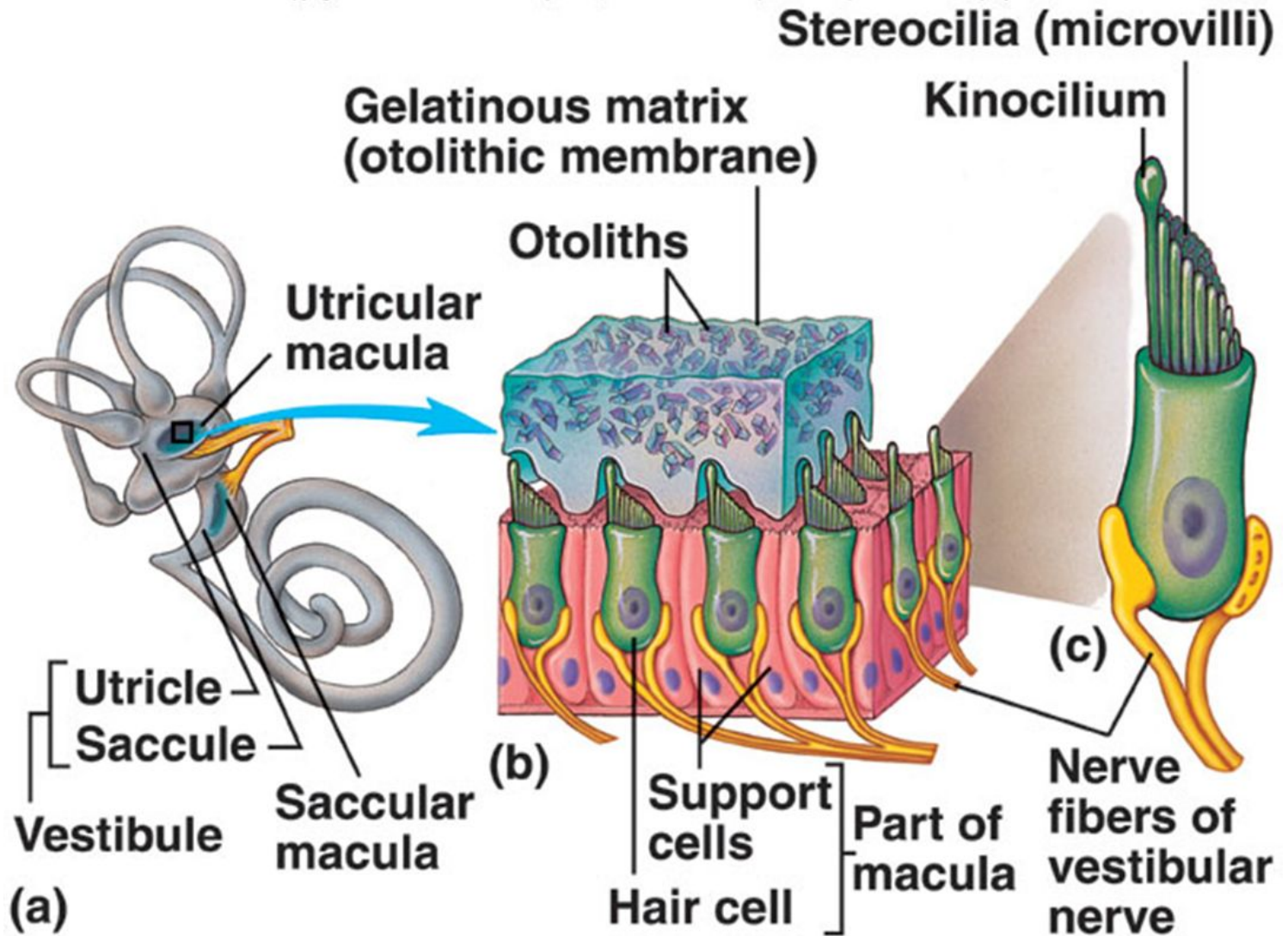


Мешочек и маточка содержат пятна (макулы)

- 2 типа клеток: **сенсорно-эпителиальные** (волосковые) и **поддерживающие**.
- покрыты отолитовой мембраной.
- На апикальном полюсе волосковых клеток располагается 40-80 неподвижных волосков (стереоцилий - специализированных микроворсинок) и одна подвижная, эксцентрично лежащая ресничка (киноцилия).
- Пучки волосков на вершине каждой волосковой клетке проходят в эндолимфатическое пространство, которое богато K^+
- К базальной части этих клеток прилегают мелкие афферентные и эфферентные нервные окончания.

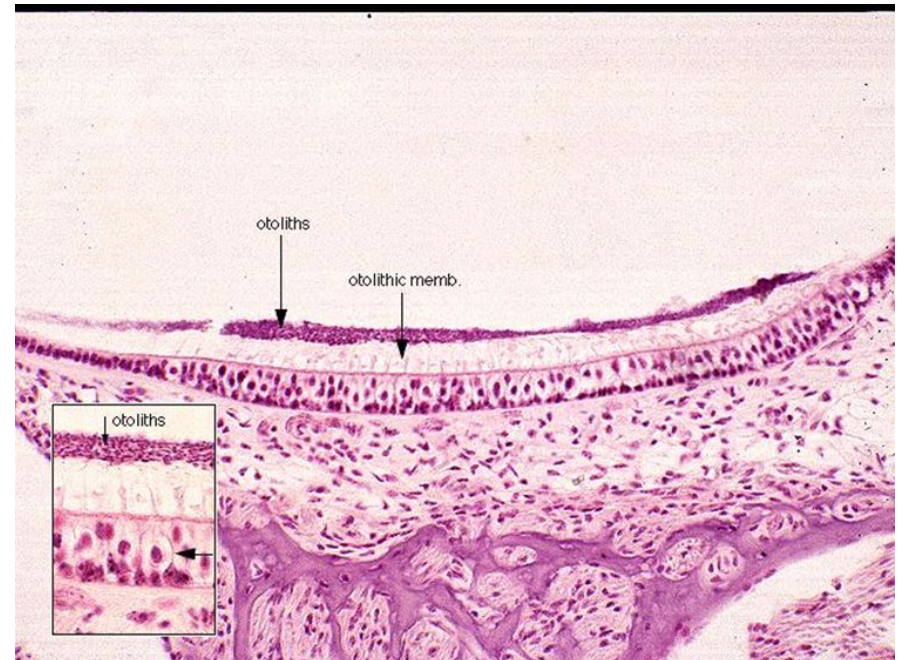
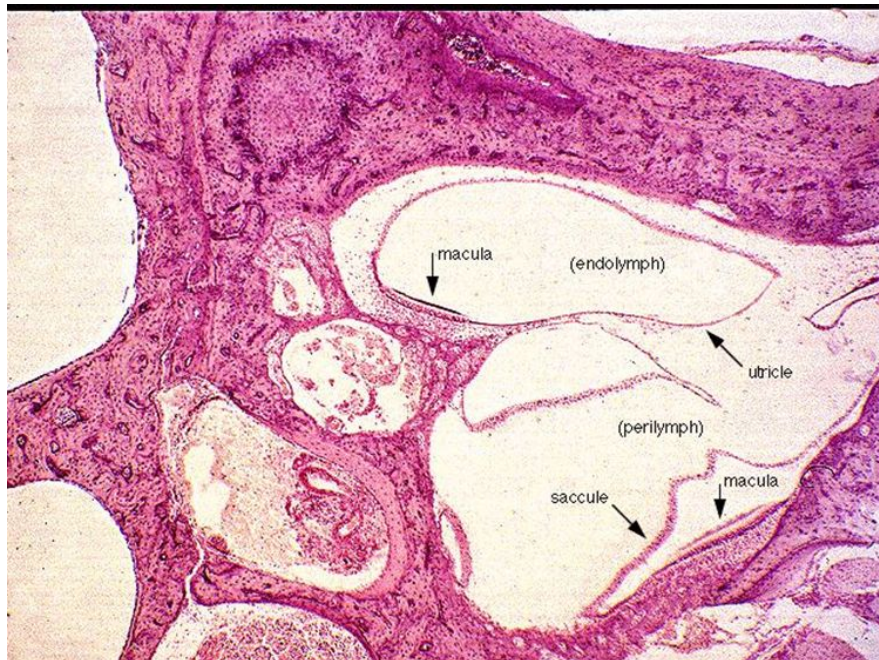
Строение макулы

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



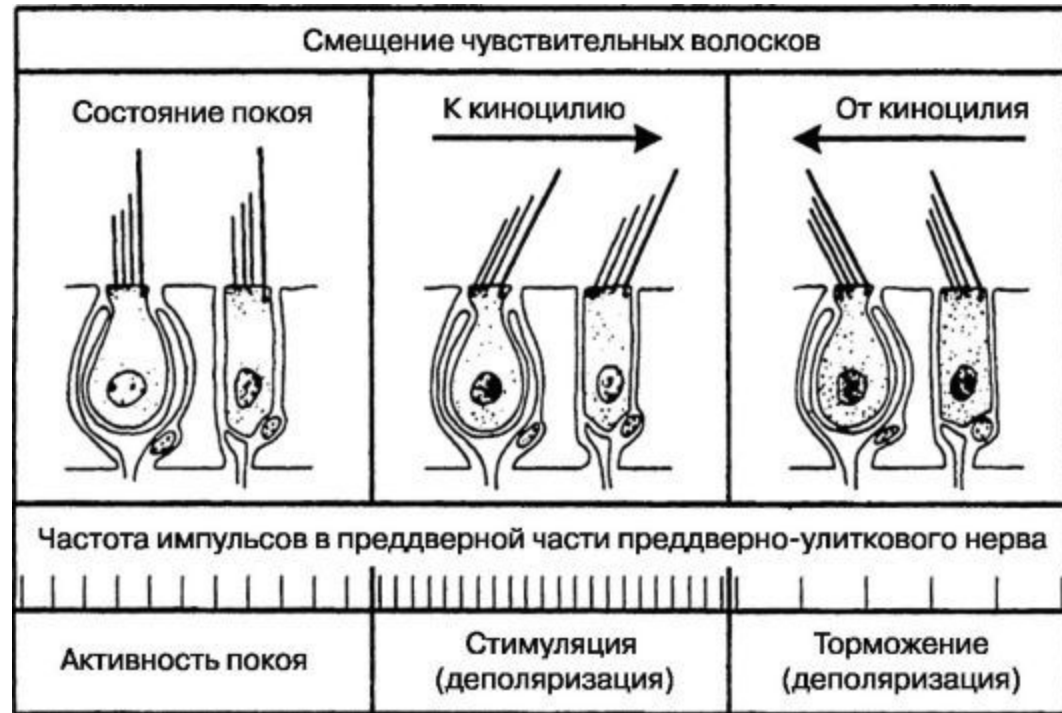
Строение макулы

- Поддерживающие клетки на апикальной поверхности содержат многочисленные микроворсинки. Кроме опорной функции, они участвуют в трофике сенсоэпителиоцитов и в образовании отолитовой мембраны.
- Отолитовая мембрана - слой особого студенистого вещества, покрывающий макулы. В него погружены стереоцилии и киноцилии волосковых клеток. На поверхности отолитовой мембраны несколькими слоями располагаются кристаллы карбоната кальция - отолиты (статококнии), имеющие форму заостренных цилиндров.



Вестибулярные рецепторы

- Стимуляция (ускорение или вращение), которая смещает стереоцилии **к киноцилии**, вызывает натяжение реснички и деполяризацию волосковых клеток, тесно связанных с первыми сенсорными нейронами
- Стимуляция, которая смещает стереоцилии **от киноцилии**, снижает натяжение реснички и предупреждает гиперполяризацию волосковых клеток



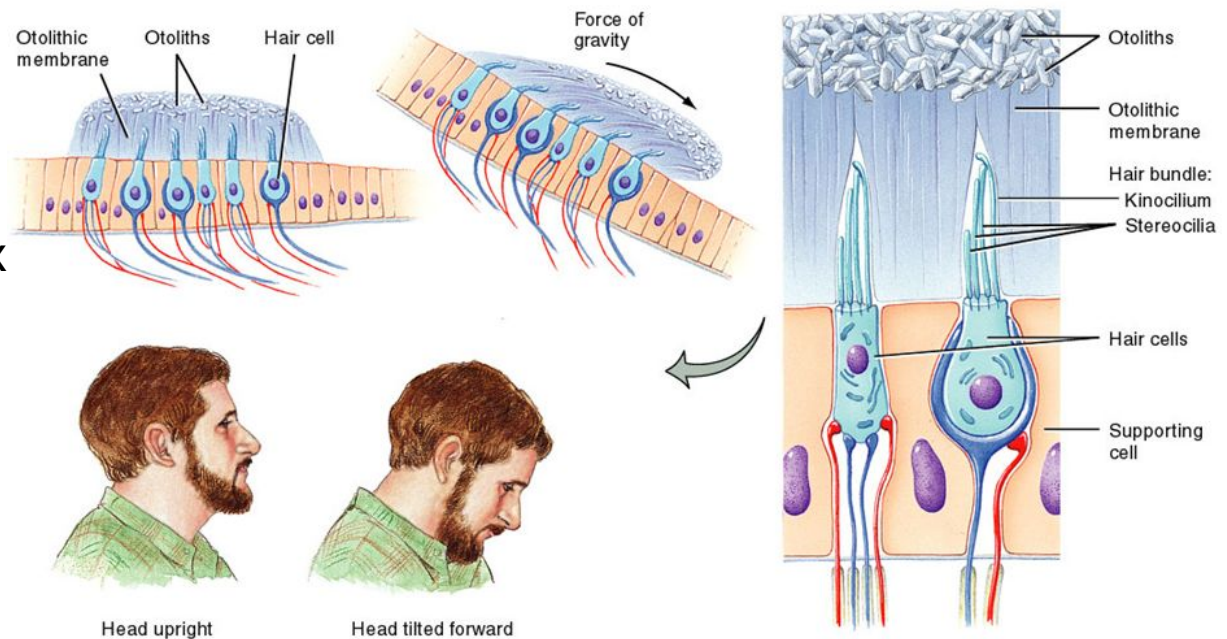
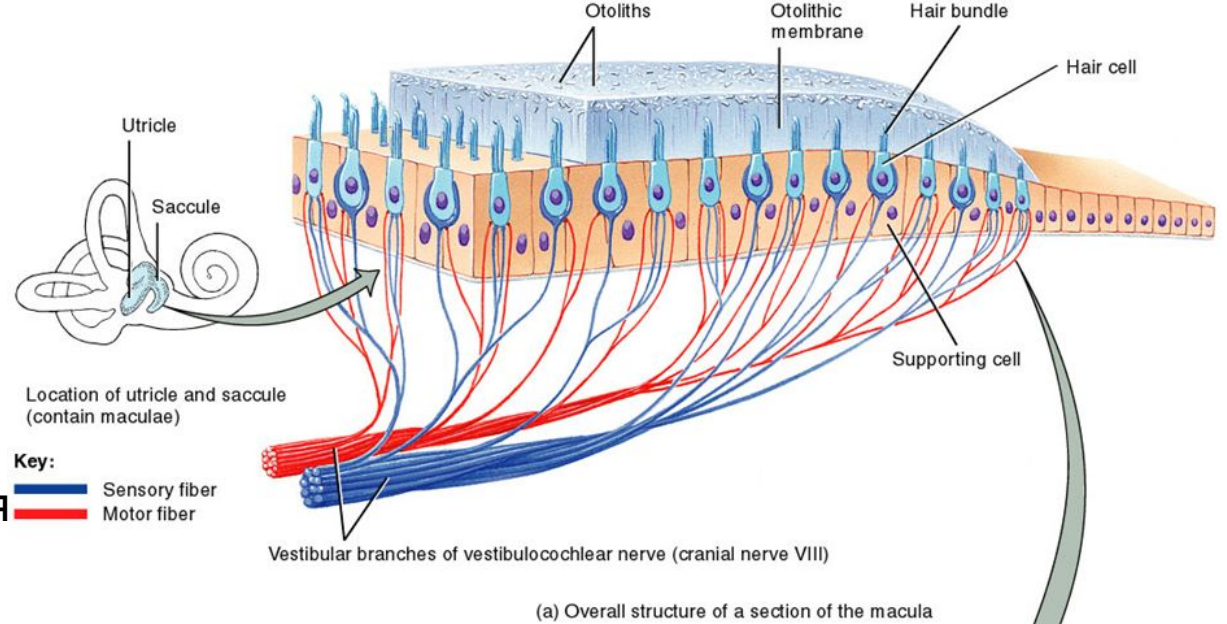
Строение макулы

- кластеры волосковых клеток в маточке и мешочке регистрируют линейное ускорение, которое возникает под действием силы тяжести и движения тела
- около 30.000 волосковых клеток в маточке и 16000 в мешочке
- Пятно маточки параллельно основанию черепа (**это рецептор гравитации**)
- Пятно мешочка перпендикулярно основанию черепа (**рецептор вибрации или вертикального смещения тела**)

Строение макулы

Отолитовые рецепторы реагируют на действие прямолинейного ускорения и постоянно регистрируют направление земного притяжения по отношению к голове.

Отолитовый аппарат наиболее приспособлен к реагированию в физиологических условиях на наклоны головы, запрокидывание головы, начало и конец ходьбы, спуск и подъем.



(c) Position of macula with head upright (left) and tilted forward (right)

(b) Details of two hair cells

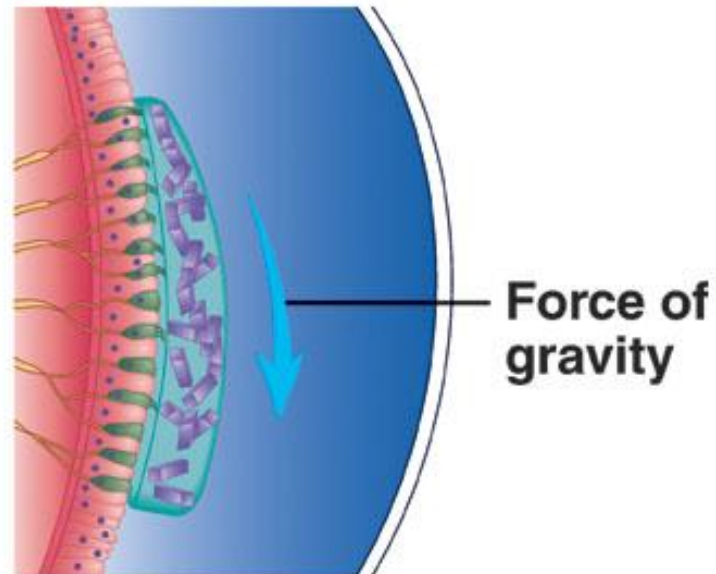
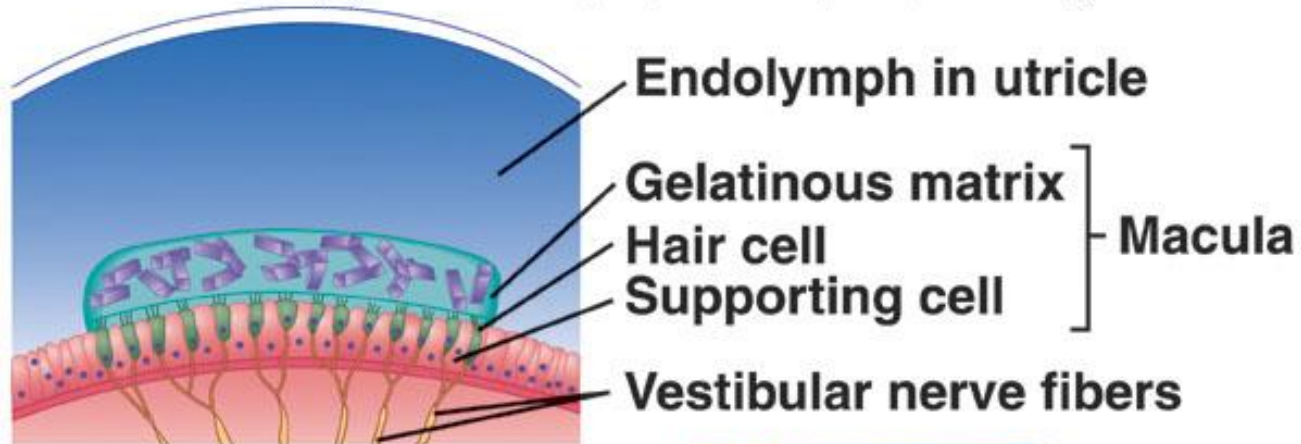
Строение и функционирование макулы

Как волосковые клетки оценивают положение головы относительно силы тяжести и регистрируют линейное ускорение или замедление?

- когда голова проходит линейное ускорение, перепончатый лабиринт также двигается, потому что он крепится к черепу
- благодаря инерции, движение неприкрепленной отокониевой массы отстает от движения головы
- Движение отоконий передается на отолитовую мембрану, которая сдвигается по отношению к подлежащему эпителию
- изгибы волосковых клеток и инициируют потенциалы действия в 1-х сенсорных нейронах

Строение и функционирование макулы

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Строение ампулярной кристы (гребешка)

три полукружных канала, которые ориентированы под прямым углом друг к другу (различают передний, задний и латеральный)

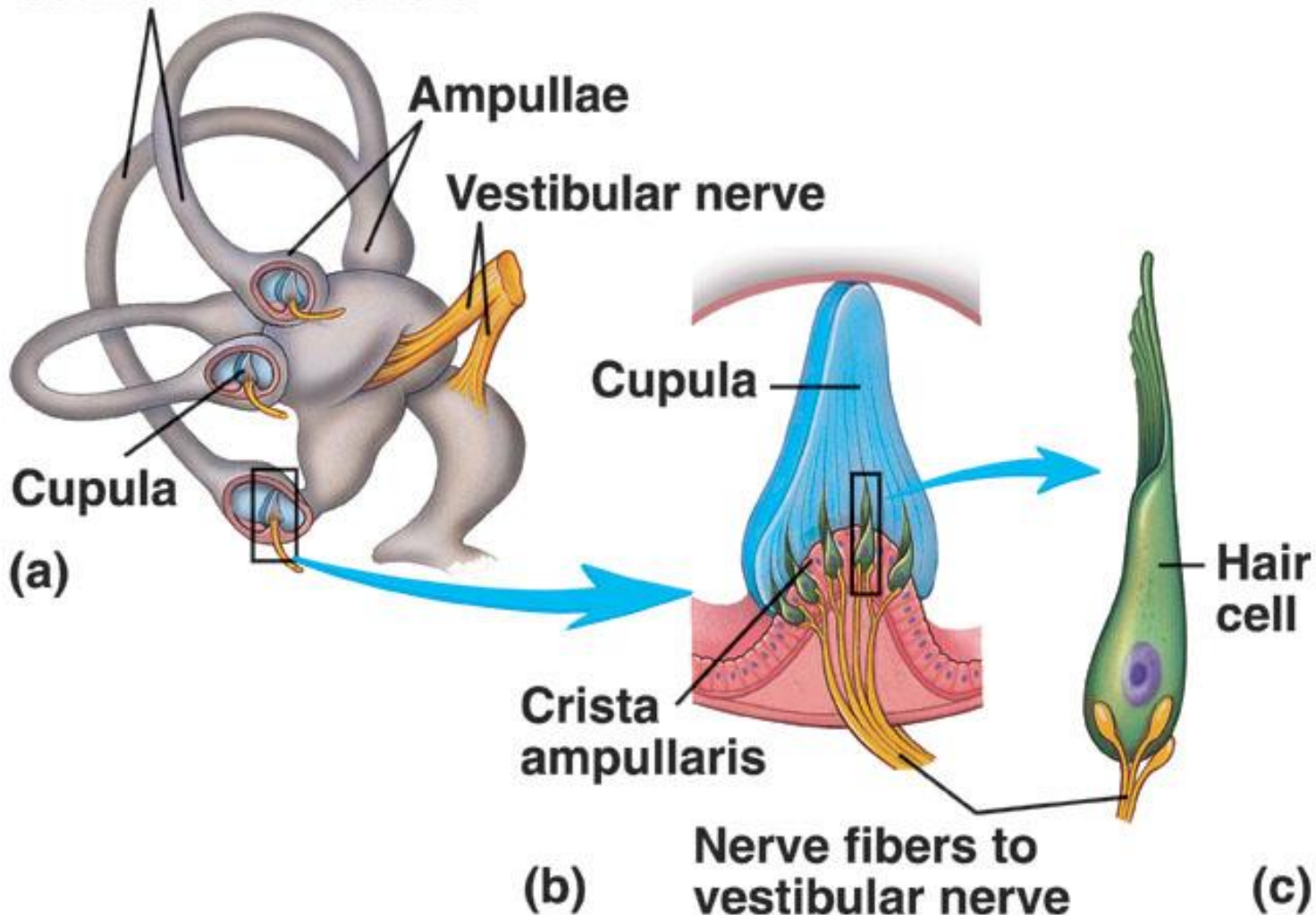
Основания каналов расширены = **ampulla**

- Область ампулы содержит специализированный эпителий с волосковыми клетками = **crista ampullaris**
- Волоски погружены в желатинозную массу = **cupula**

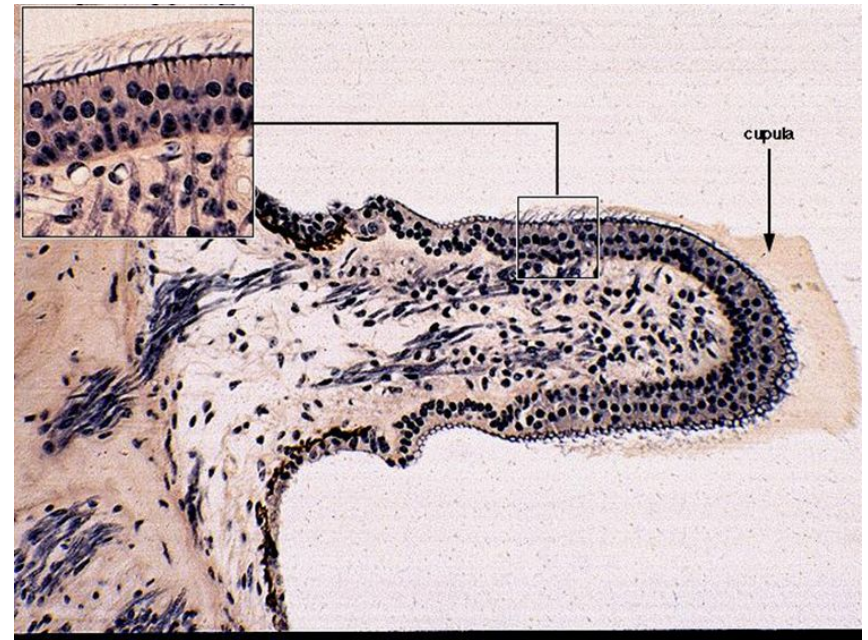
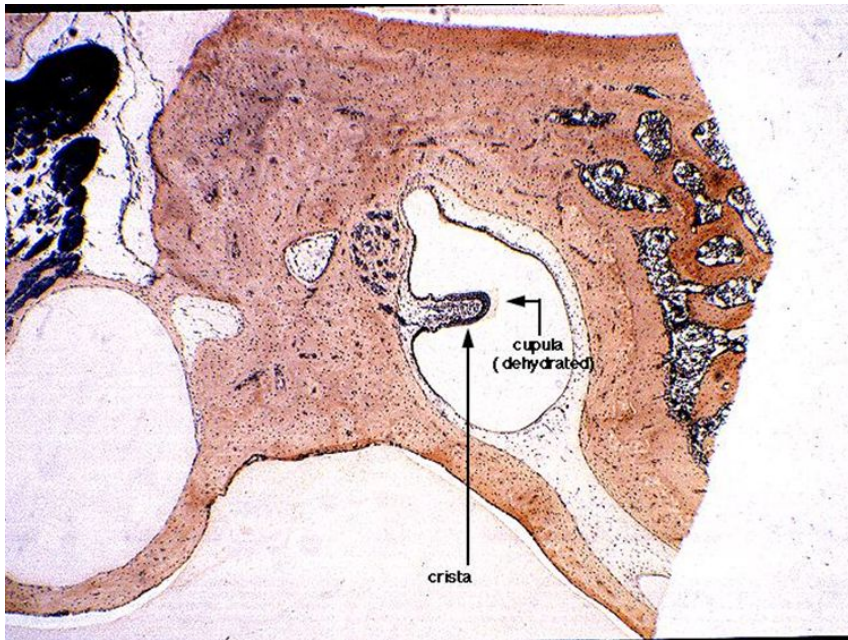
Строение ампулярной кресты

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Semicircular canals



Строение ампулярной кривости

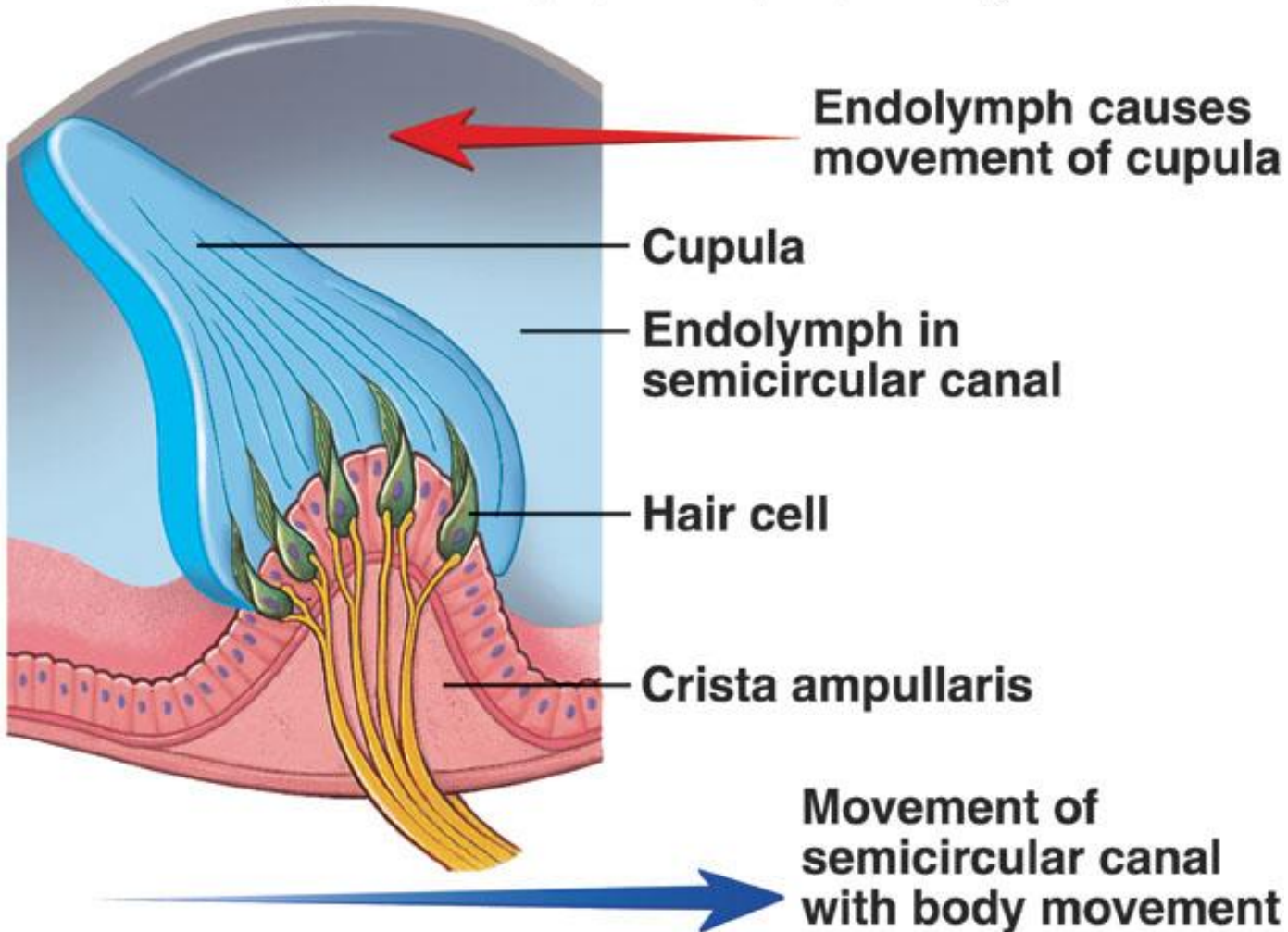


Строение и функционирование ампулярной кресты

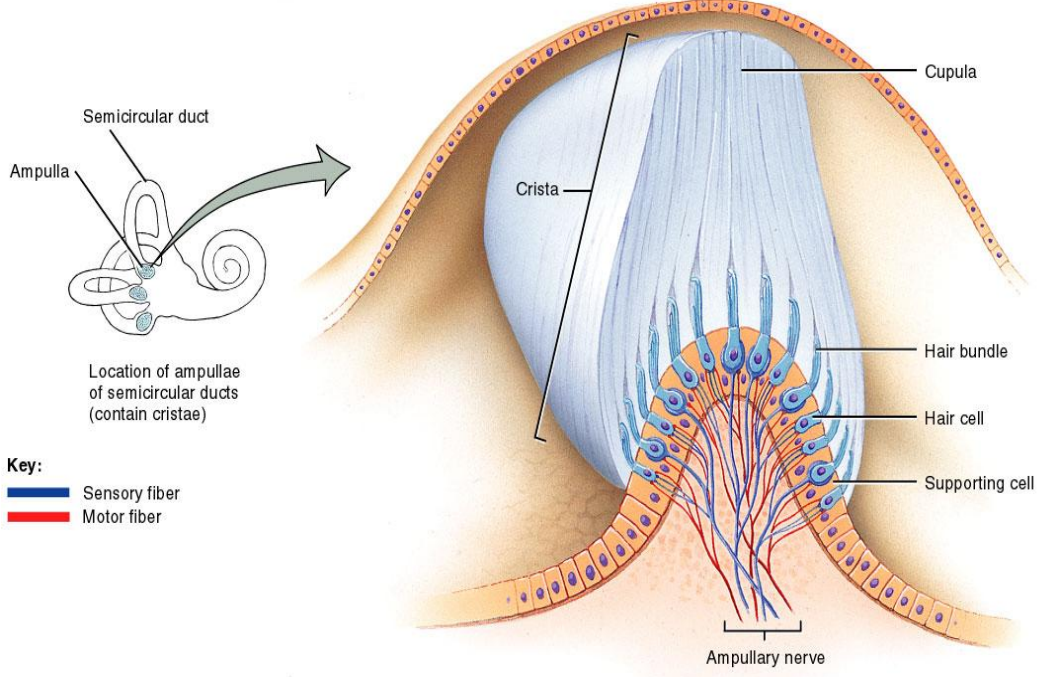
- Как волосковые клетки полукружных каналов регистрируют угловое ускорение?
- Cupula ampullaris смещается током эндолимфы при угловых ускорениях, что вызывает раздражение волосковых чувствительных клеток и возникновение рецепторного потенциала (нервного импульса) в вестибулярной части VIII – й пары черепных нервов.
- В купуле нет отолитов.

Строение и функционирование ампулярной кривости

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

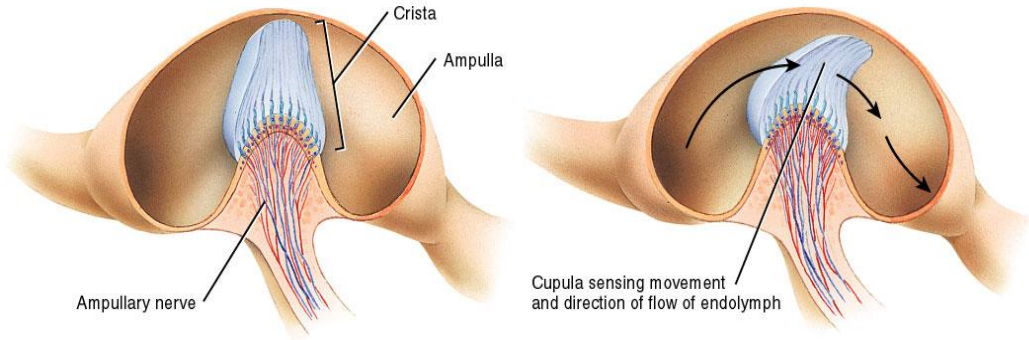


- Регистрирует угловое вращение
- Поддерживает динамическое равновесие



(a) Details of a crista

Строение и функционирование ампулярной кресты



Head in still position

Head rotating

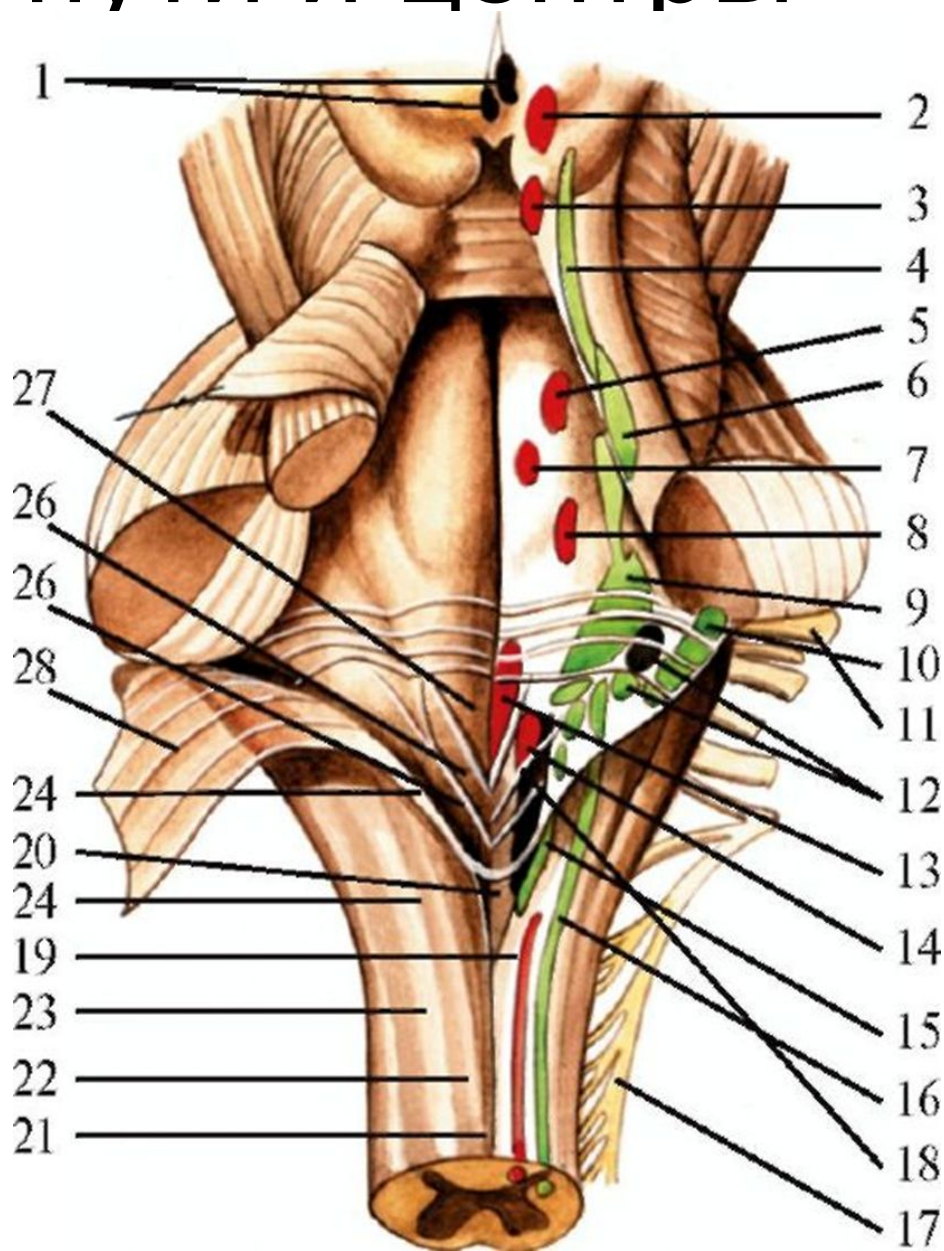
(b) Position of a crista with the head in the still position (left) and when the head rotates (right)

Проводящие пути и центры

- **Первый чувствительный нейрон:**
 - Мембранный потенциал, который возникает в волосковых клетках органа равновесия и гравитации при колебаниях эндолимфы, передается на рецепторы дендритов первых чувствительных нейронов.
 - Тела этих нейронов заложены в преддверном узле, **ganglion vestibulare**, на дне внутреннего слухового прохода.
 - 20,000 аксонов чувствительных нейронов формируют **преддверную часть** преддверно-улиткового нерва

Проводящие пути и центры

- Аксоны первых нейронов формируют **восходящую** и **нисходящую** ветви и подходят к вестибулярным ядрам, Восходящая ветвь заканчивается в верхнем вестибулярном ядре, а нисходящая – в трех остальных.
- Вестибулярная часть нерва достигает ипсилатерального комплекса из четырех вестибулярных ядер в дорсальной части моста



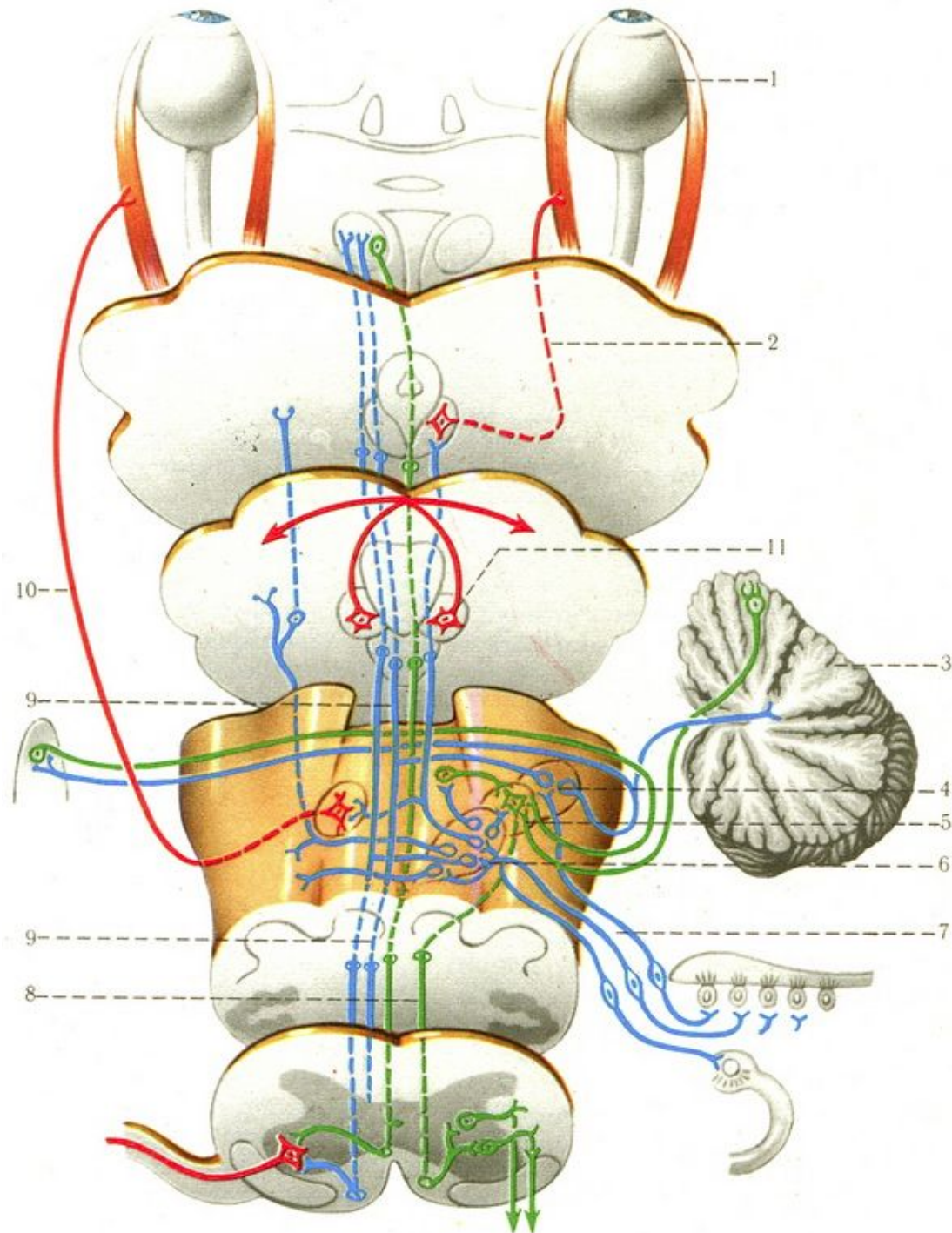
Проводящие пути и центры

С каждой стороны имеется по 4 вестибулярных ядра:

- 1. Верхнее вестибулярное ядро (ядро Бехтерева)
- 2. Латеральное вестибулярное ядро (ядро Дейтерса)
- 3. Медиальное вестибулярное ядро (ядро Швальбе)
- 4. Нижнее вестибулярное ядро (ядро Роллера).

Схема проводящих путей статокинетического анализатора:

- 1 — глаз;
- 2 — III пара нервов;
- 3 — мозжечок;
- 4 — дорсальное преддверное ядро;
- 5 — латеральное преддверное ядро;
- 6 — нижнее и медиальное ядра;
- 7 — преддверный нерв;
- 8 — преддверно-спинномозговой путь;
- 9 — медиальный пучок (продольный);
- 10 — отводящий нерв.

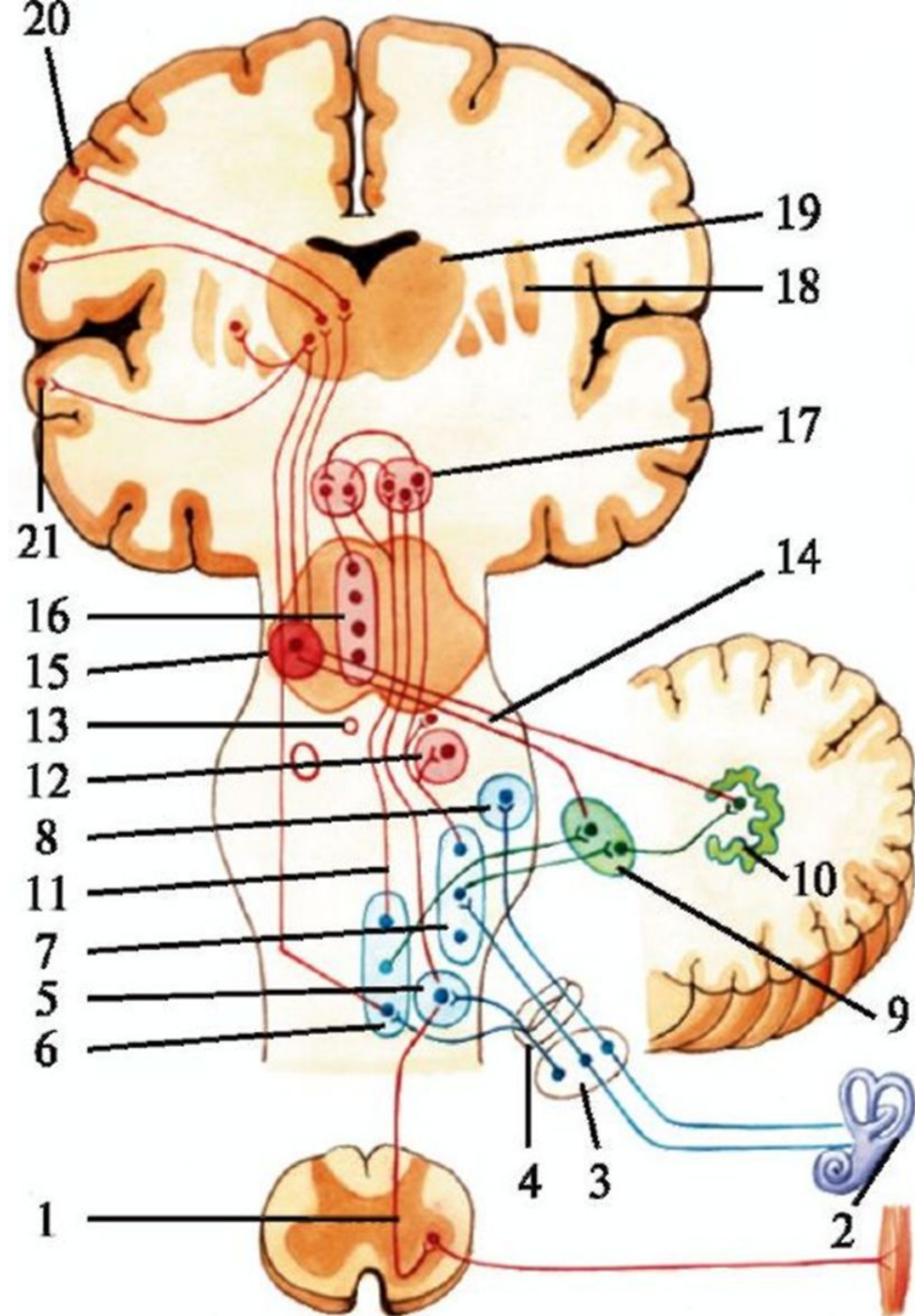


Проводящие пути и центры

Вторые чувствительные нейроны вестибулярных ядер интегрируют сигналы от вестибулярных органов с сигналами от:

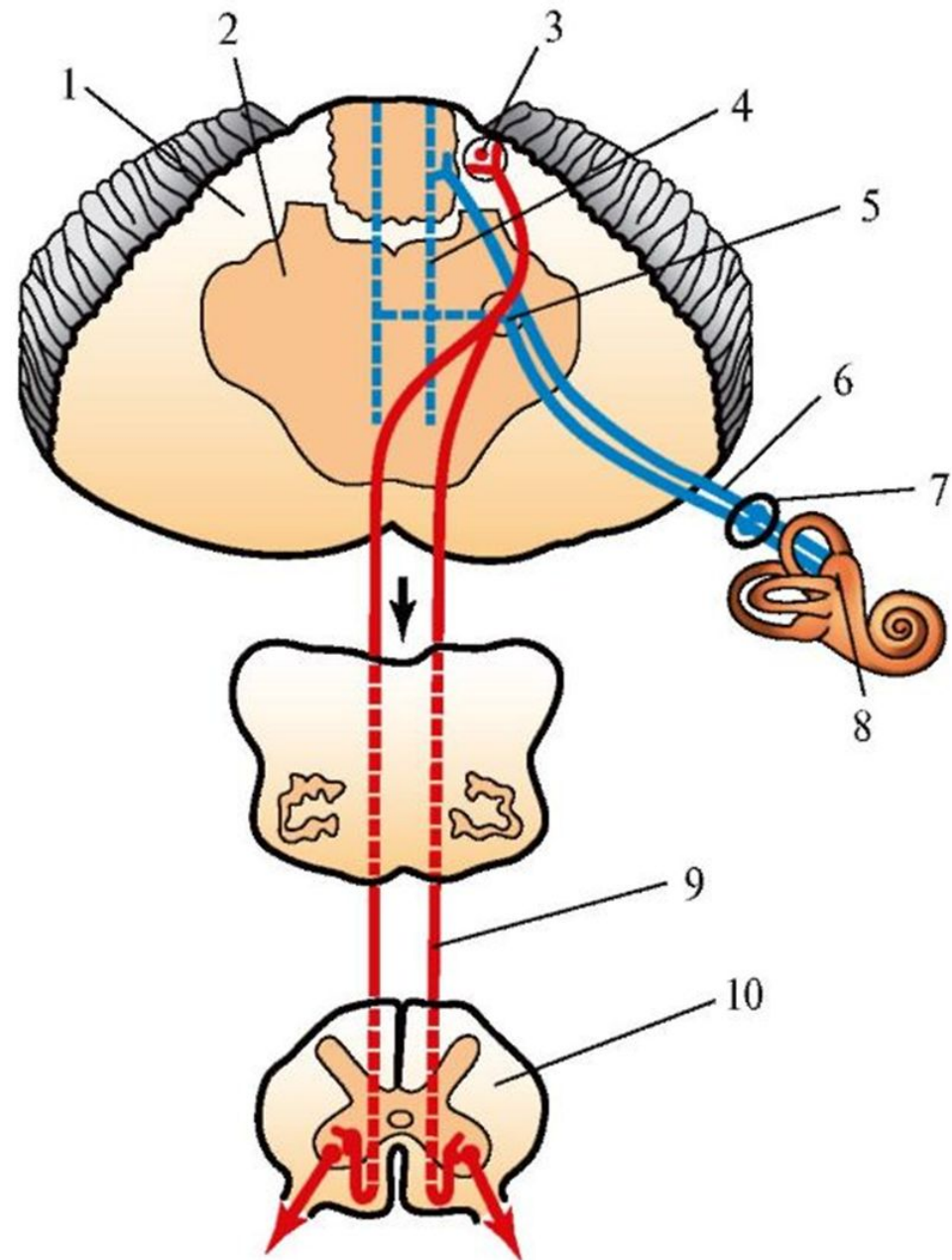
- Спинного мозга
- мозжечка
- Зрительной системы

- аксоны нейронов **вестибулярных ядер** образуют связи
- с **мозжечком** через tr. vestibulocerebellaris,
 - со **спинным мозгом** (передние столбы) через tr. vestibulospinalis,
 - с **ретикулярной формацией** (среднего, заднего и продолговатого мозга) через tr. vestibuloreticularis,
 - с **ядрами покрышки** среднего мозга через tr. vestibulotectalis,
 - с ядрами **медиального продольного пучка** через fasc. longitudinalis medialis,
 - непосредственно с **ядрами III, IV, VI пар** черепных нервов
 - с ядрами **таламуса**.



Мозжечковая часть статокинетического анализатора

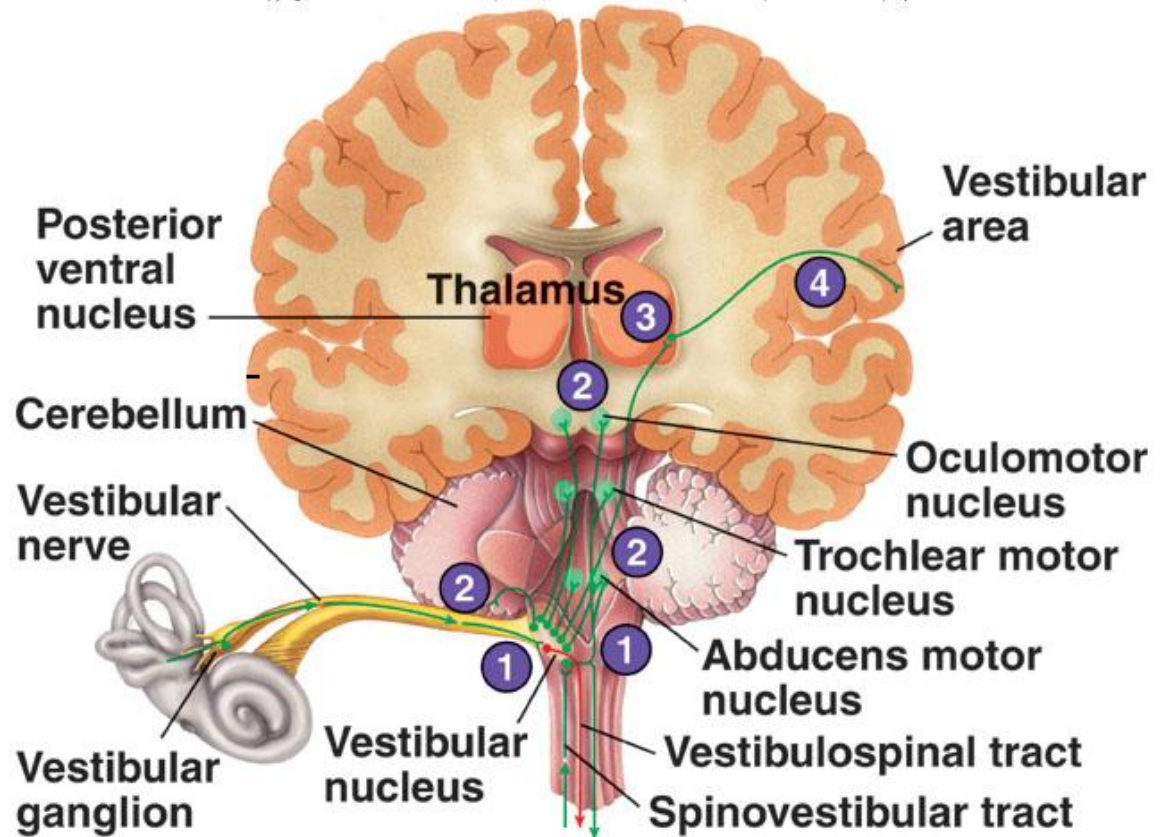
- 1 - мозжечок,
- 2 - мост,
- 3 - ядро шатра,
- 4 - дорсальный продольный пучок,
- 5 - вестибулярные ядра,
- 6 - преддверная часть преддверно-улиткового нерва (VIII черепной нерв),
- 7 - вестибулярный узел,
- 8 - внутреннее ухо,
- 9 - преддверно-спинномозговой путь,
- 10 - поперечный срез спинного мозга.



Корковые центры

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

- Третьи по порядку сенсорные нейроны вентрального таламуса посылают аксоны к вестибулярным полям (**Brodmann's area 2V and 3a**) первичной соматосенсорной коры
- Кора использует информацию от вестибулярного аппарата (ускорение и угол поворота) для получения субъективных представлений о расположении и перемещении в окружающем мире



Вестибулярные реакции

- Сенсорные,
- Вегетативные,
- Соматические.

Вестибулосенсорные реакции

- Вестибулосенсорные реакции обусловлены наличием вестибулокортикальных связей и проявляются осознанием положения и изменения положения головы в пространстве.
- Патологической спонтанной вестибулосенсорной реакцией является головокружение.

Вестибуловегетативные реакции

- Вестибуловегетативные реакции связаны с тесным взаимодействием **ядерного вестибулярного комплекса и ретикулярной формации**.
- Вестибулярные влияния на висцеральные органы опосредованы через **симпатические и парасимпатические отделы** нервной системы.
- Они имеют **адаптационный** характер и могут проявляться изменением самых разнообразных жизненных функций: возрастанием артериального давления, учащением сердцебиения, изменением дыхательного ритма, возникновением тошноты и даже рвоты при воздействии вестибулярного раздражения.

Вестибулосоматические (анимальные) реакции

- обусловлены связями вестибулярных структур с мозжечком, поперечно-полосатой мускулатурой конечностей, туловища и шеи, а также с глазодвигательной мускулатурой.

Различают:

- вестибуломозжечковые,
- вестибулоспинальные
- вестибулоглазодвигательные реакции.

Вестибуломозжечковые реакции

- направлены на поддержание положения тела в пространстве посредством перераспределения мышечного тонуса в динамическом состоянии организма, т.е. в момент совершения активных движений на фоне воздействия ускорений.

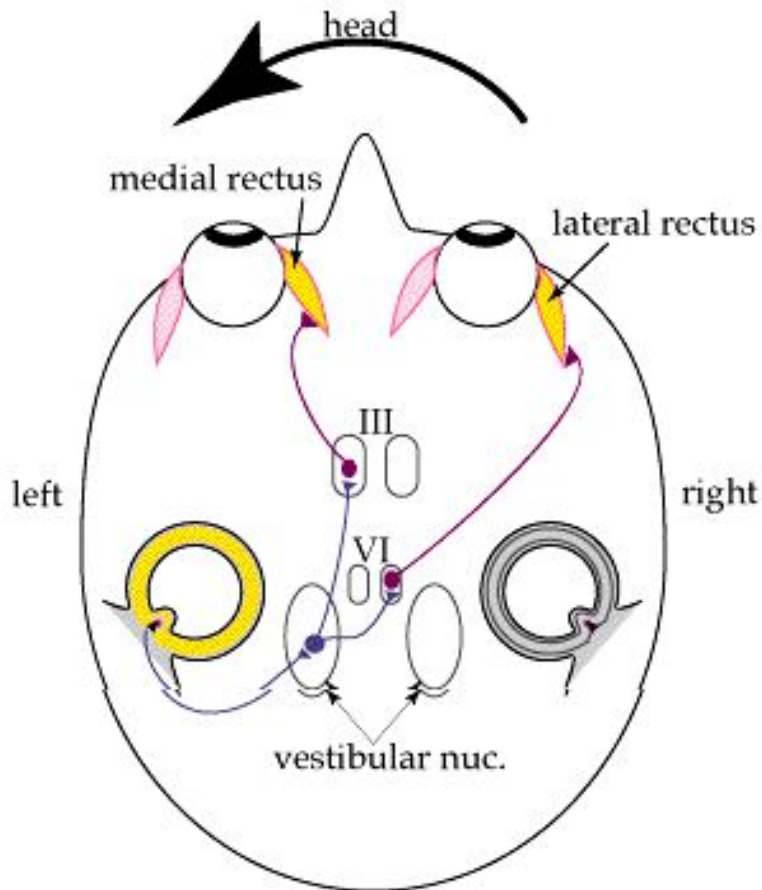
Вестибулоспинальные реакции

- связаны с влиянием вестибулярной импульсации на мышечный тонус шеи, туловища и конечностей.
- При этом возрастание импульсации от вестибулярных рецепторов одного из лабиринтов приводит к повышению тонуса поперечно-полосатой мускулатуры противоположной стороны, одновременно ослабляется тонус мышц на стороне возбужденного лабиринта.

Вестибулоглазодвигательные (окуломоторные) реакции

- обусловлены связями вестибулярной системы с ядрами глазодвигательных нервов.
- Эти связи делают возможными рефлексорные сочетанные отклонения глаз, в результате которых направление взгляда не меняется при перемене положения головы. Они же определяют возникновение нистагма.

- Преддверно-глазной рефлекс, как пример рефлексивного движения глаз, который существует между полукружными каналами и ядрами, контролирующими движения наружных мышц глазного яблока



- Способность человека сохранять вертикальное положение тела в покое и при движении, обозначаемая как **функция равновесия**, может быть реализована лишь при содружественном функционировании ряда систем, среди которых важную роль играет вестибулярный анализатор.