

Содержание

Предисловие	4
ГЛАВА I	
Анатомия и физиология внутреннего уха.	
Патологическая анатомия и патофизиология	
при некоторых кохлеовестибулярных нарушениях.	
Понятия и терминология	9
ГЛАВА II	
Характер кохлеовестибулярных нарушений	
при болезни Меньера. Консервативное и хирургическое	
лечение больных	37
ГЛАВА III	
Математическое моделирование возможности подавления	
функции вестибулярных рецепторов ушного лабиринта	
с помощью энергии опто-квантового генератора	79
ГЛАВА IV	
Характер кохлеовестибулярных нарушений у больных	
хроническим гнойным средним отитом с фистулами	
лабиринта. Лечение больных	97
ГЛАВА V	
Доброкачественное пароксизмальное позиционное	
головокружение: этиология, патогенез, патофизиология,	
симптоматика, диагностика, обследование пациентов.	
Способы лечения больных	127
ГЛАВА VI	
Субъективный ушной шум: этиология, распространенность,	
патофизиологические аспекты, методы исследования.	
Лечение больных	177
Литература	215
Об авторах	239

ГЛАВА I

Анатомия и физиология внутреннего уха.

Патологическая анатомия и патофизиология при некоторых кохлеовестибулярных нарушениях. Понятия и терминология

Прежде чем приступить к описанию кохлеовестибулярных нарушений, наблюдающихся при различных периферических поражениях ушного лабиринта, в частности, при болезни Меньера, хроническом гнойном среднем отите с фистулами лабиринта, доброкачественном пароксизмальном позиционном головокружении (ДППГ или купулолитиазе), отолитовых нарушениях нам представляется необходимым привести краткие сведения об анатомическом строении ушного лабиринта, гистологии его органных структур, физиологии рецепторных образований разных отделов лабиринта. Приводим также сведения о патофизиологии и патологоанатомических изменениях во внутреннем ухе при этих заболеваниях и поражениях.

Следует также остановиться на основных терминах и понятиях, привести некоторые анатомические синонимы, поскольку в своих публикациях разные авторы называют одни и те же структуры по-разному, что затрудняет восприятие и понимание материала.

Периферический отдел слухового (кохлеовестибулярного) анализатора находится в костном ушном лабиринте, который расположен в толще пирамиды височной кости, и имеет передний отдел (ушная улитка), среднюю или центральную часть (преддверие лабиринта) и задний отдел (3 полукружных канала). Костный ушной лабиринт можно считать замкнутой полостью. Костная капсула его снаружи гладкая. По прочности она лишь немного уступает зубной эмали. Костная лабиринтная капсула состоит из 3 слоёв. Все полости внутри лабиринта выстланы нежным эндостом; средний слой – энхондральный, наружный – периостальный. Средний слой лабиринтной капсулы постепенно подвергается окостенению (О.В. Стратиева, 2004; Л.В. Хомяк, 1978).

Преддверие занимает центральную часть лабиринта, имеет неправильную грушевидную форму. Размеры преддверия – $6 \times 5 \times 3$ мм. Передняя часть преддверия более узкая, сообщается с улиткой; задняя – более широкая, сообщается с системой полукружных каналов. На внутренней поверхности медиальной стенки преддверия имеется несколько углублений. Одно из углублений расположено в передней части преддверия, ближе к улитке, имеет округлую форму. В нем размещается **сферический** мешочек перепончатого лабиринта (sacculus).

Второе углубление имеет вид эллипса, находится в задней части преддверия, ближе к полукружным каналам. В этом углублении располагается **эллиптический** мешочек перепончатого лабиринта (utricle). Вокруг эллиптического углубления открываются 5 отверстий. Широкие отверстия – отверстия ампулярных ножек полукружных каналов, малые – простых ножек каналов. На дне преддверия расположено воронкообразное углубление с внутренним отверстием (апертурой) водопровода улитки.

Задний отдел лабиринта представляет собой систему **полукружных каналов**. Это 3 костные трубки с просветом 0,5 мм, изо-

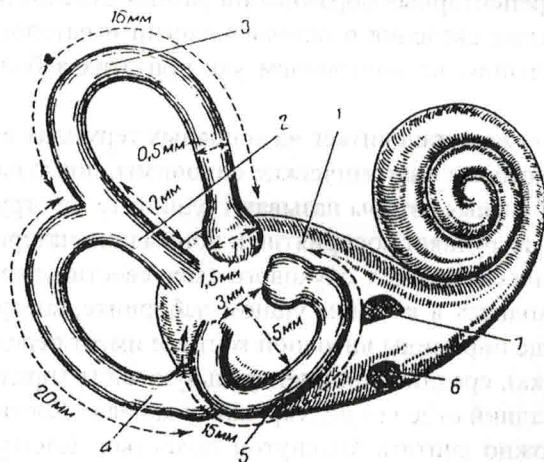


Рис. 1.1. Общий вид костного ушного лабиринта (по Legent, Perlemuter, Vandenbrouck, 1968). 1 – костное преддверие; 2 – общая ножка вертикальных полукружных каналов; 3 – верхний (фронтальный) полукружный канал; 4 – задний (сагиттальный) полукружный канал; 5 – наружный (горизонтальный) полукружный канал; 6 – окно улитки; 7 – окно преддверия.

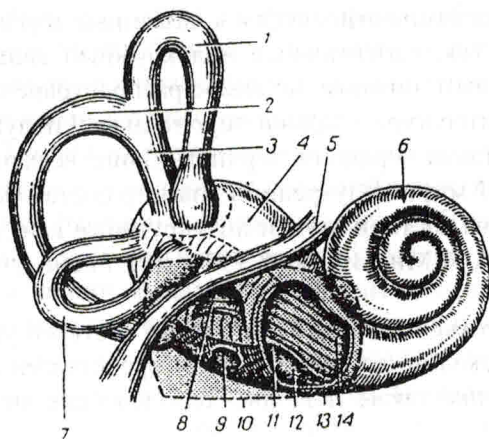


Рис. 1.2 Наружная стенка костного ушного лабиринта (по Legent, Perlemuter, Vandenbrouck, 1968). 1 – верхний полукружный канал; 2 – задний полукружный канал; 3 – общая ножка вертикальных полукружных каналов; 4 – костное преддверие; 5 – канал лицевого нерва (фаллопиев канал); 6 – улитка; 7 – горизонтальный полукружный канал; 8 – окно преддверия; 9 – окно улитки; 10 – проекция внутренней стенки барабанной полости; 11 – *fissura vestibulo-tympanica*; 12 – подпреддверная полость (*cavitas sub-vestibularis*); 13 – костная спиральная пластинка; 14 – лестница преддверия.

гнутые полукругом. Оба конца полукружных каналов открываются в преддверие.

Полукружные каналы имеют на конце колбообразное расширение диаметром до 2 мм – ампулу, и один простой конец диаметром до 1,5 мм. Различают 3 ампулярных и 2 простых ножки полукружных каналов. Задний и верхний каналы сливаются в общую ножку (*crus communis*). Длина общей ножки полукружных каналов составляет 2 мм. Общий вид костного ушного лабиринта представлен на рис. 1.1.

На рис. 1.1 видно, что длина фронтального (переднего, верхнего, вертикального) полукружного канала равна 16 мм, сагиттального (вертикального, заднего, нижнего) – 20 мм, а горизонтального (латерального, наружного) – 15 мм. Мы здесь специально приводим все синонимы названий полукружных каналов, поскольку в литературе одни авторы называют, например, горизонтальный канал «горизонтальным», другие – «латеральным», а третьи – «на-

ружным». То же самое относится и к названиям других полукружных каналов. Так, сагиттальный полукружный канал называют ещё вертикальным, нижним, но самое распространенное его наименование в литературе – задний. Фронтальный полукружный канал называют также передним, верхним. Длина всех полукружных каналов – 52-57 мм, их внутренний диаметр составляет в среднем 0,5 мм. Толщина костной стенки полукружного канала в среднем равна 1,5 мм. (А.К. Миньковский, 1974; Д.Л. Ривин, 2000; Л.В. Хомяк, 1978).

На рис. 1.2 тоже изображен общий вид костного ушного лабиринта, но в несколько другом ракурсе – представлен его вид снаружи. На рисунке также показаны близлежащие анатомические

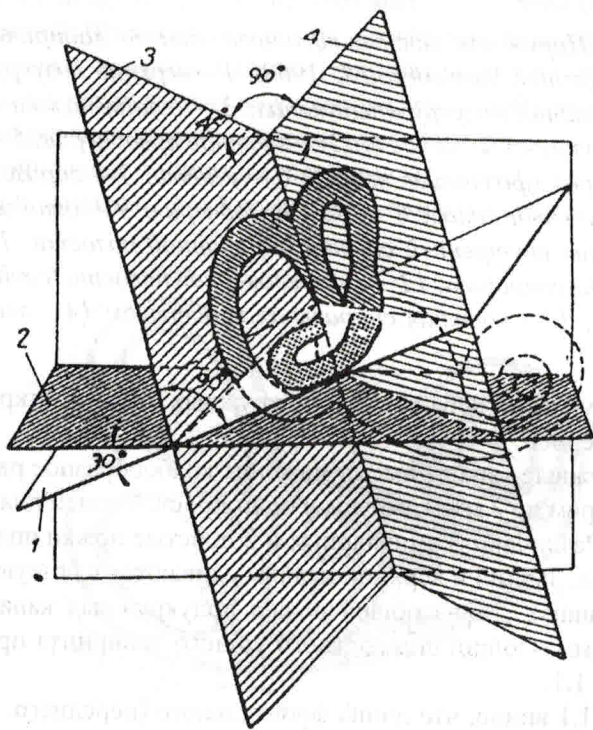


Рис. 1.3 Расположение полукружных каналов в пространстве (по Legent, Perlemuter, Vandenbrouck, 1968). 1 – плоскость горизонтального полукружного канала; 2 – горизонтальная плоскость; 3 – плоскость сагиттального полукружного канала; 4 – плоскость фронтального полукружного канала.

образования (костный канал лицевого нерва), обозначена проекция внутренней стенки барабанной полости, и представлены некоторые другие подробности. На рис. 1.3 показано расположение полукружных каналов в пространстве.

На рис. 1.3 видно, что по отношению друг к другу полукружные каналы находятся в трех взаимно приблизительно перпендикулярных плоскостях. Верхний и наружный каналы образуют между собой угол от 65° до 90° , задний и верхний каналы – от 85° до 115° , а наружный и задний каналы расположены по отношению друг к другу практически под прямым углом. Верхний полукружный канал с фронтальной плоскостью составляет угол 45° , задний канал с сагиттальной плоскостью – такой же угол. Горизонтальный полукружный канал на самом деле располагается под углом 30° по отношению к горизонтальной плоскости (А.К. Миньковский, 1974; А. Sultan, 2002; J. Vignaud, M. Laval, 1986).

Передний отдел лабиринта образован **улиткой**. Костный канал улитки начинается в переднем нижнем отделе преддверия, совершает 2,5 оборота по спирали, образуя 3 завитка – основной (базальный), средний и верхушечный. При удалении костной лабиринтной стенки можно увидеть ход витков улитки. Основание улитки обращено к внутреннему слуховому проходу, а верхушка – в сторону барабанной полости. На разрезе улитка напоминает усеченный конус с шириной основания до 9 мм и высотой около 5 мм. Спиральный канал улитки имеет протяженность до 3 см, его просвет у её основания равен 6 мм, а ближе к верхушке – до 2 мм.

В центре спирального канала улитки проходит стержень (*modiolus*), имеющий вид веретена. Он образует внутреннюю стенку спирального канала улитки. На всем протяжении улиткового канала вокруг модиолуса закручивается костная спиральная пластинка, которая имеет ширину до 2 мм. У основания она толще, а её свободный край тонкий. В основании спиральной пластинки проходит одноименный канал, где залегает спиральный ганглий (первый нейрон слухового тракта). Костная спиральная пластинка не доходит до противоположной стенки улитки и заканчивается примерно на середине её канала. От свободного края пластинки начинается основная (базиллярная) мембрана, которая прикрепляется к противоположной стенке улитки спиральной связкой. Часть спиральной связки, примыкающая к костной стенке улитки, называется **сосудистой полоской** (О.В. Стратиева, 2004).

Базиллярная мембрана образует дно перепончатого улиткового протока, а крышей его является преддверная мембрана Рейсснера. Сам улитковый проток (ход) имеет форму треугольника. В улитковом протоке располагается слуховой рецептор – спиральный орган или орган Корти (рис. 1.4).

Таким образом, костная спиральная пластинка с базилярной мембраной и мембрана Рейсснера делят канал улитки на 3 этажа (лестницы). Этаж, расположенный выше преддверной мембраны, носит название **лестницы преддверия** (scala vestibuli), ниже костной спиральной связки с базилярной мембраной – **барабан-**

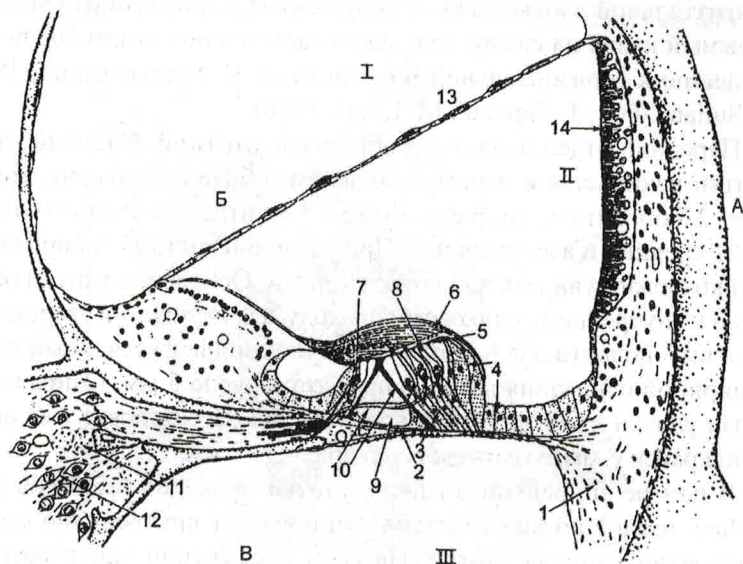


Рис. 1.4 Схема строения улиткового протока и органа Корти (по Н. Davis, 1962). А – наружная стенка; Б – верхняя стенка; В – нижняя стенка. I – лестница преддверия; II – срединная лестница (улитковый ход); III – барабанная лестница. 1 – спиральная связка; 2 – базилярная мембрана; 3 – клетки Дейтерса (поддерживающие или опорные); 4 – клетки Гензена и Клаудиса (высокие опорные и цилиндрические); 5 – сетчатая мембрана; 6 – покровная мембрана; 7 – внутренние волосковые клетки; 8 – наружные волосковые клетки; 9 – столбовые клетки и туннель органа Корти; 10 – нервные волокна; 11 – спиральный ганглий; 12 – кохлеарные нейроны; 13 – преддверная мембрана Рейсснера; 14 – сосудистая полоска.

высокая концентрация ионов калия. В эндолимфе его концентрация в 22 раза выше в сравнении с перилимфой. А концентрация ионов натрия в ней в 152 раза ниже в сравнении с перилимфой. Такая высокая концентрация ионов калия в эндолимфе обеспечивается его активным транспортом из перилимфы через полупроницаемую мембрану Рейсснера с участием АТФ (V. Couloigner et al., 2001). Калий играет очень важную роль в генерировании микрофонного потенциала улитки (P. Wangemann, 2002). Эндолимфа является единственной жидкостью в организме, имеющей концентрацию калия, близкую к его концентрации во внутриклеточной жидкости. Кроме того, в эндо- и перилимфе содержатся белок и ионы различных минеральных веществ (А.К. Миньковский, 1974; Д.Л. Ривин, 2000).

Давление перилимфы колеблется от 109 до 392 мм водного столба. Эндолимфа является достаточно вязкой жидкостью. В значительной степени это связано с большим содержанием в ней протеогликанов. Содержание органических веществ в перилимфе втрое больше, чем в эндолимфе, но меньше, чем в сыворотке крови. Содержание неорганических веществ в перилимфе меньше, чем в эндолимфе, но немногим больше, чем в сыворотке крови. Считают, что перилимфу можно рассматривать как ультрафильтрат сыворотки крови. Вязкость, удельный вес, осмотическое давление, электропроводность, биопотенциалы перилимфы меньше, чем эндолимфы, а индекс преломления – наоборот. При этом осмотическое давление и индекс преломления перилимфы и сыворотки крови почти одинаковы. Элементный состав неорганической части костного лабиринта человека практически идентичен любой кости человека, т.е. там много кальция (А.К. Миньковский, 1974; Д.Л. Ривин, 2000).

Перепончатые полукружные каналы впадают в верхне-наружную часть утрикулуса. В ампулярных концах перепончатых полукружных каналов перпендикулярно просвету канала находятся ампулярные гребешки (*crista ampularis*), на которых располагаются ампулярный рецептор с находящейся на его вершине купулой, воспринимающий **угловые ускорения**. Ампулярные рецепторы у места впадения каналов в утрикулос являются своеобразной заслонкой между ним и каждым из перепончатых каналов, поскольку они полностью выполняют просвет перепончатого канала. Ампулярный рецептор имеет такую же удельную массу, что и эндолимфа. Протоки и каналы регулируют перемещение жидко-

стей в строго определенном направлении, они контролируют изменение давления во всех отделах лабиринта (А.К. Миньковский, 1974; О.В. Стратиева, 2004).

В преддверии располагаются перепончатые образования: утрикулос (эллиптический или овальный мешочек) и саккулос (сферический или круглый мешочек). В мешочках преддверия находятся **макулы (пятна)**, в поверхностном слое которых располагаются сенсорные волосковые клетки и отолиты или отоконии (состоящие из кристаллов кальция многогранные образования – октаэдры и другие многогранники), погруженные в желатинообразную субстанцию (отолитовую или отокониевую мембрану). Оtolиты подразделяются на большие ($40 \times 10 \text{ мкм}$) и малые (Е. Vachor et al., 2002). Макулы являются рецепторными образованиями, сенсорные волосковые клетки которых воспринимают **линейные ускорения** (перемещения тела человека вперед-назад, в стороны, вверх-вниз, наклоны головы к правому и левому плечу), и **гравитацию**.

Под действием линейного ускорения отолитовая мембрана смещается, волоски сенсорных макулярных клеток сгибаются под тяжестью отолитов. Так возникает импульс, достигающий окончаний саккулярного или утрикулярного нерва. Посредством малых отолитов воспринимаются малые ускорения и гравитация, а большие – большие.

Перепончатый проток улитки соединяется с саккулюсом посредством узкого соединительного протока (ductus reuniens) Гензена. От передней стенки утрикулоса и задней стенки саккулюса отходят небольшие протоки, которые, соединяясь, образуют совместный канал, дающий начало эндолимфатическому протоку. Между саккулюсом и утрикулосом имеется клапанный механизм (клапан Т. Bast, 1928), который не мешает проникновению эндолимфы в эллиптический мешочек, но препятствует ее быстрому перемещению в сторону улитки.

Эндолимфатический проток проходит сквозь пирамиду височной кости и заканчивается эндолимфатическим мешком на её задней поверхности в толще твердой мозговой оболочки. Диаметр эндолимфатического протока почти на всем протяжении – $0,6 \text{ мм}$, а его длина составляет $8\text{--}12 \text{ мм}$. При впадении в эндолимфатический мешок ширина его разна $0,6\text{--}1,4 \text{ мм}$. Диаметр эндолимфатического мешка в его наиболее широком месте равен $6,5 \text{ мм}$. Эндолимфатический проток и мешок, как считают большинство иссле-

дователей, осуществляют резорбцию и фильтрацию эндолимфы (Л.Н. Ямпольский, 1970; О.В. Стратиева, 2004).

Эллиптический мешочек преддверия длиной до 6 мм косо подвешен к его внутренней стенке, наружная стенка мешочка не фиксирована и свободно выступает в перилимфатическое пространство. В утрикулос открываются 5 отверстий перепончатых протоков полукружных каналов. На дне эллиптического мешочка можно увидеть белое возвышение – статическое пятно (макулу), образованное чувствительными волосковыми вестибулярными клетками с отходящими от них веточками *n. utricularis*. Площадь макулы утрикулоса – 1 мм².

Сферический мешочек длиной 3 мм и шириной 2 мм расположен кпереди и ниже эллиптического мешочка. От нижней стенки мешочка начинается соединительный проток улитки. На внутренней стенке саккулюса находится статическое пятно (макула) площадью около 1 мм², образованное сенсорными волосковыми вестибулярными клеткам, от которых отходят волокна *n. saccularis*.

Белый цвет статических пятен обусловлен присутствием в них отолитов или отокониев (диаметром 0,5–40 мкм), которые состоят из кристаллов карбоната кальция.

Периферический отдел вестибулярного анализатора представлен ампулярными рецепторами полукружных каналов и макулами мешочков преддверия. Функция аппарата равновесия зависит от состояния рецепторов, целостности костного лабиринта, тонуса его перепончатых структур, от вязкости и биохимического состава жидкостей лабиринта и, наконец, от активности самой вестибулярной сенсорной клетки.

Ампулярный гребешок полукружного канала обрамлен сверху куполой, состоящей из желатинообразной субстанции, в которую проникают волоски сенсорных клеток. Макула мешочков преддверия устроена по тому же принципу, но на верхушке образующих её клеток находится не купула, а состоящая из мукополисахаридного геля отолитовая мембрана с находящимися в ней отолитами (рис. 1.5). При этом волоски сенсорных клеток находятся в толще этой мембраны.

На рис. 1.5 изображена схема строения сенсорных волосковых вестибулярных клеток ампулярного рецептора и макулы мешочка преддверия. Сенсорные волосковые клетки слухового и вестибулярного рецепторов имеют большое сходство. Различают колбоо-

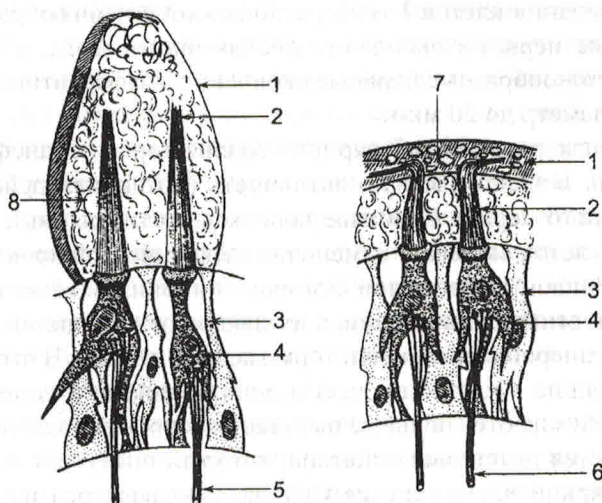


Рис. 1.5 Сенсорные вестибулярные волосковые клетки ампулярного гребешка (слева) и макулы мешочка преддверия (справа) — по Legent, Perlemuter, Vandenbrouck, 1968. 1 — купула (отолитовая мембрана); 2 — волосок сенсорной клетки; 3 — опорная клетка; 4 — волосковая клетка; 5 — ампулярный нерв; 6 — утрикулярный или саккулярный нерв; 7 — отолиты; 8 — желатинообразная субстанция (мукополисахариды).

бразные вестибулярные клетки (клетки I типа) и цилиндрические (клетки II типа). В ампулярном рецепторе клетки I типа располагаются на его вершине, а клетки II типа — по склонам гребешка. Аналогичное расположение клеток наблюдается и в макулах мешочков преддверия — колбообразные клетки находятся в центре макулы, цилиндрические — по периферии.

Полагают, что цилиндрические клетки (II типа) служат своеобразным резервом. В случае какого-либо повреждающего воздействия на вестибулярный рецептор они берут на себя функцию колбообразных (I типа) клеток. Это находит отражение в феномене вестибулярного рекрутирования — выравнивание вестибулярных асимметрий (С.Г. Цемахов, 1983).

Волоски сенсорных вестибулярных клеток делятся на 2 типа. Каждая клетка имеет 1 длинный и толстый волосок — **киноцилию**, и 50-110 тонких — **стереоцилий**. Киноцилия укреплена в цитоплазме клетки с помощью базального тельца.

У основания клеток I типа располагаются чашкообразные афферентные нервные окончания преддверного нерва, а клеток II типа – бутанообразные нервные окончания. Афферентные волокна имеют диаметр до 20 мкм.

Конечная цель вестибулярного анализатора – трансформация ускорений в электрическую активность (потенциал действия вестибулярного нерва). Сгибание волосков вестибулярных чувствительных клеток вызывает изменение электрической проводимости клетки. Наклон стереоцилий в сторону киноцилии ведет к деполяризации и стимуляции клетки, а их наклон от киноцилии сопровождается гиперполяризацией и торможением клетки. В ответ на эти происходящие в клетке процессы деполяризации и гиперполяризации возбуждаются нервные окончания вокруг основания клетки, генерируется потенциал действия, который поступает в нейроны вестибулярной части ганглия Скарпа, находящегося на дне внутреннего слухового прохода.

Сторонники цитохимической теории считают, что механическая энергия преобразуется в электрический потенциал благодаря мукополисахаридам волосковой клетки (Я.А. Винников, 1971).

Исследования R. Eatock et al., 2002, показали, что афферентные нервные окончания в вестибулярном аппарате млекопитающих воспринимают низкочастотные движения головы, вследствие чего и осуществляются вестибуломоторные рефлексы, контролируемые положение глаз, головы и тела в пространстве. Сенсорные вестибулярные клетки II типа макулы утрикулуса отвечают за восприятие низких частот – от 10 до 30 Hz. Этот диапазон воспринимаемых рецептором частот оказался несколько выше, чем предполагалось раньше. Далее происходит быстрая адаптация клеток с временной константой ~4-40 мс по закону, который лучше всего выражается графически двойной экспонентной кривой. Адаптация обеспечивает оптимальные параметры проводимости ионов K^+ , которая варьирует в широком диапазоне в различных рецепторах вестибулярного аппарата.

Сенсорные вестибулярные клетки I типа имеют большой отрицательный потенциал покоя, что активирует движение ионов K^+ и таким образом определяет очень низкое входное сопротивление рецептора. Последнее, в свою очередь, уменьшает нелинейность потенциала действия рецептора, что обеспечивает наилучшие условия для осуществления двигательных рефлексов, «обслуживающих»

вестибулярный аппарат и вестибулярную систему в целом.

С другой стороны, большой отрицательный потенциал покоя клеток затрудняет квантовое функционирование кальциевых каналов. Эта проблема решается путем не квантовой передачи энергии благодаря чашкообразной форме афферентных нервных окончаний у основания I типа сенсорных вестибулярных клеток.

Ампулярные рецепторы полукружных каналов обладают различно направленной чувствительностью вследствие особого расположения в их сенсорных клетках киноцилий. Киноцилии в сенсорных клетках горизонтальных полукружных каналов направлены в сторону утрикулуса, а в вертикальных каналах – в противоположную от него сторону.

Благодаря такой ориентации киноцилий афферентные нервные окончания горизонтальных полукружных каналов стимулируются ампулопетальным (утрикулопетальным) током эндолимфы, т.е. направленным в сторону ампулы или утрикулуса. А афферентные нервные окончания вертикальных каналов активируются её ампулофугальным (утрикулофугальным) током, т.е. направленным от ампулы канала или утрикулуса.

В каком бы направлении не происходило вращение головы, эндолимфа будет перемещаться во всех каналах, но максимально в тех, плоскость которых в данный момент наиболее приближена к плоскости вращения.

Перемещение эндолимфы по полукружным протокам вызывает ритмическую реакцию глаз. Первой реакцией на раздражение ампулярных рецепторов каналов является медленное отклонение глаз. В случае, когда стимуляция рецепторов лабиринта продолжается или же она настолько велика, что не может быть компенсирована одним движением глаз, то возникает быстрое движение глаз в противоположную сторону. Комбинация медленных и быстрых ритмических движений глазных яблок в противоположные стороны называется **нистагмом**.

Нистагм состоит из медленного и быстрого компонентов, которые направлены в противоположные стороны. **Быстрый** компонент наблюдать легче, поэтому в клинической практике направление нистагма определяют по его быстрому компоненту. Однако **медленный** компонент нистагма возникает гораздо раньше, и именно он указывает на истинное состояние в данный момент ушного лабиринта (С.Г. Цемахов, 1983).

Плоскость движения глаз совпадает с плоскостью поворота головы или туловища. Быстрый компонент нистагма совпадает со стороной поворота головы, но противоположен по направлению сдвигу эндолимфы. Медленный компонент нистагма противоположно направлен по отношению к плоскости вращения, но совпадает с направлением тока эндолимфы.

В макулах мешочков преддверия киноцилии чувствительных волосковых клеток также имеют неодинаковое направление. Каждая макула мешочка преддверия делится **стриолой** (кривой линией) на внутреннюю и наружную зоны. В макуле саккулуса, которая расположена в сагиттальной плоскости на его внутренней стенке, киноцилии направлены в стороны от стриолы. А в макуле утрикулуса, находящейся в горизонтальной плоскости, они направлены наоборот – к стриоле (вперед и назад – рис. 1.6).

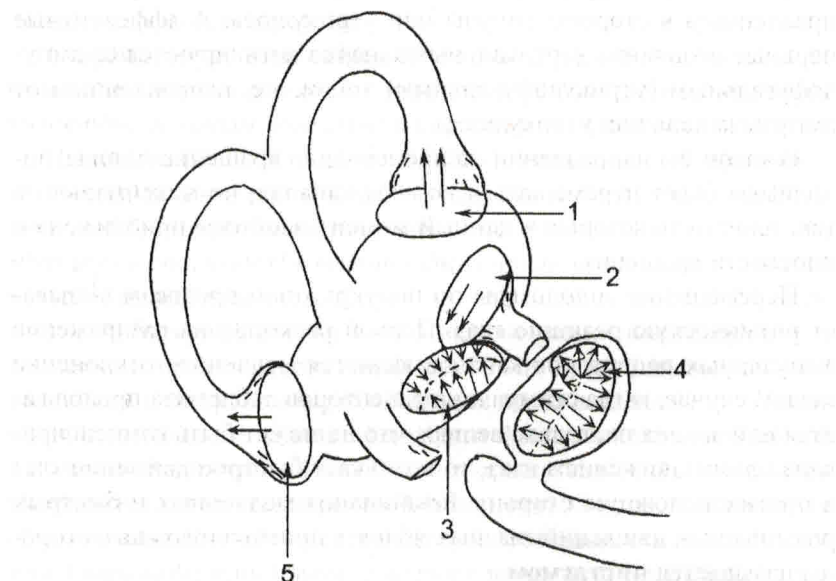


Рис. 1.6 Ориентация киноцилий в ампулярных гребешках и макулах мешочков преддверия (по О.В. Стратиевой, 2004). 1 – ампулярный гребешок фронтального полукружного канала; 2 – ампулярный гребешок горизонтального полукружного канала; 3 – макула утрикулуса; 4 – макула саккулуса; 5 – ампулярный гребешок сагиттального полукружного канала. Стрелками указано направление киноцилий в ампулярных гребешках и макулах.

Изучение трехмерной пространственной ориентации в преддверии и полости черепа макулы саккулюса, проведенное с помощью компьютера, показало, что она расположена в сагиттальной плоскости, её поверхность является не плоской, а изогнутой в виде эллипса, что способствует оптимальному восприятию линейных ускорений различной силы и гравитации (Н. Naganuma et al., 2001).

Аналогичную форму имеет и макула утрикулюса для лучшего восприятия широкого по величине спектра линейных ускорений и гравитации, только она расположена в другой, горизонтальной плоскости. (Н. Naganuma et al., 2003).

С клинической точки зрения очень важно определить, в каком положении головы возникает головокружение и вегетативные реакции. Если эти явления наблюдаются при наклонах головы в стороны, то это свидетельствует о раздражении отолитовых рецепторов сферического мешочка преддверия. Возникновение симптомов при наклонах вперед и назад отражает возбуждение макулярных рецепторов утрикулюса. Объединенные векторы макул мешочков преддверия покрывают самые разнообразные положения головы и туловища в пространстве (А.К. Миньковский, 1974; С.Г. Цемахов, 1983).

Исследования на генетическом уровне показали, что процесс зарождения, формирования и дифференцировки сенсорных волосковых клеток, как слуховых, так и вестибулярных, является очень сложным. В нем совместно участвуют много регуляторных протеинов. Среди них выделяют такой важный, как транскрипционный (от латинского *transcriptio* – переписывание) фактор Brg-3.1, находящийся в POU-домене (А. Ryan, 2002). Транскрипция в биологии (синоним – матричный синтез РНК) – это синтез рибонуклеиновой кислоты (РНК) на матрице дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК); он является первым этапом реализации генетической информации в клетке, в процессе которого последовательность нуклеотидов ДНК «переписывается» в нуклеотидную последовательность РНК. В результате транскрипции образуется РНК, которая по последовательности азотистых оснований в полинуклеотидной цепи является точной копией одной из нитей ДНК (БМЭ, 1985). Этот транскрипционный фактор Brg-3.1 определяет правильность зарождения волосковых клеток, их формирование и поддержание нормального функционирования этих клеток на протяжении всей последующей жизни. Удаление этого фактора в эксперименте на