

Слуховая сенсорная система

Введение

Слух имеет большее значение для основополагающих признаков человека как социального существа по сравнению с любым другим чувством, поскольку важнейшее для человека средство общения – речь – опосредована органом слуха. Кроме того, словесное общение – основополагающее средство обучения, поэтому глухота или даже небольшой недостаток слуха представляют собой угрозу для умственного развития ребенка. Следовательно, слух – важнейшее для человека чувство.

Звук и его характеристики

Звук – это колебания молекул упругой среды (в частности, воздуха), распространяющиеся в ней в виде продольной волны давления.

Частота звука — физическая величина, которая равна количеству возникновения звуковых колебаний в единицу времени.

Сила звука – это количество энергии, переносимое звуковой волной через единицу поверхности за единицу времени.

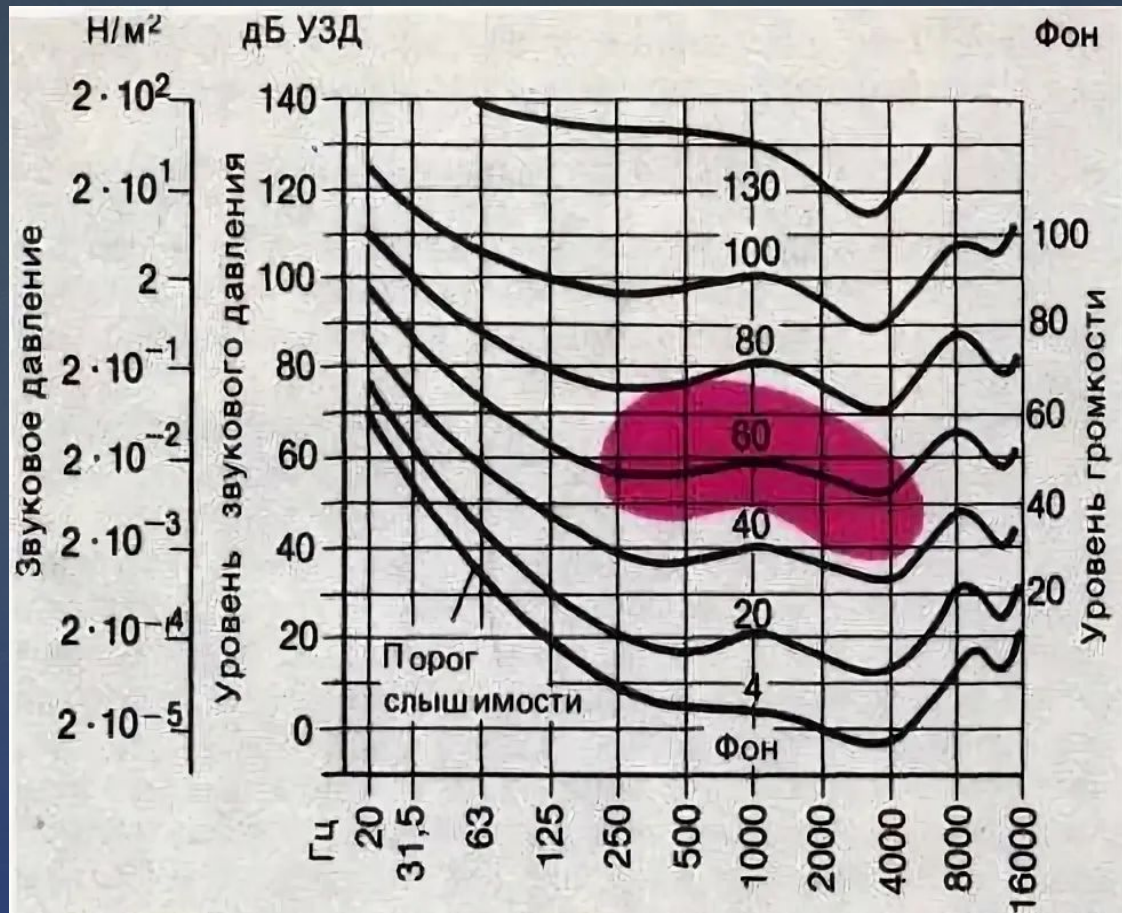
Количественные характеристики силы звука

Силу звука оценивают в относительных логарифмических единицах — белах: 1 бел представляет собой десятичный логарифм отношения интенсивности данного звука к порогу слышимости. Повышение силы звука на 1 бел означает повышение звукового давления в 10 раз

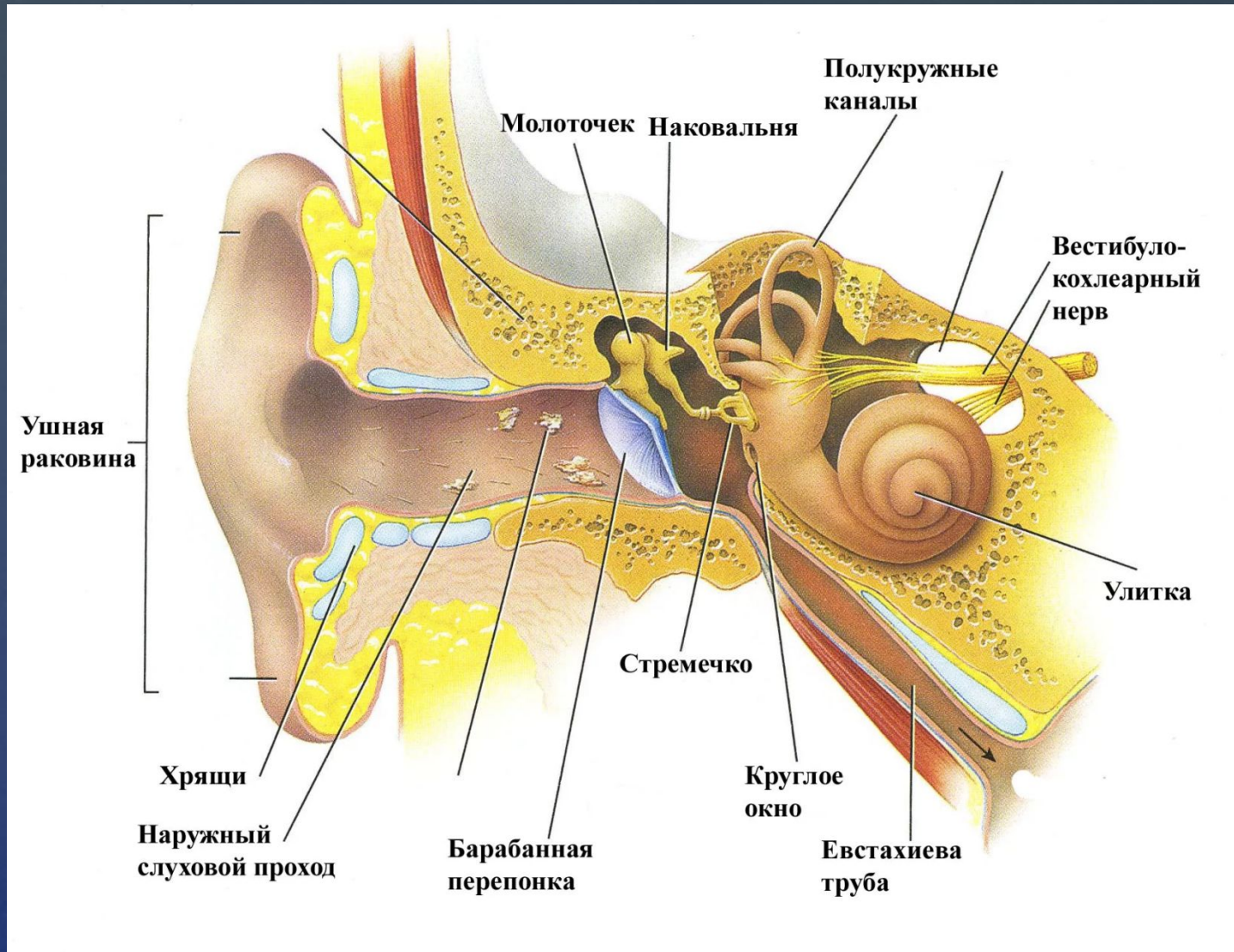
Для удобства силу звука чаще оценивают в децибелах: 1 децибел (дБ) равен одной десятой бела. Повышение силы звука на 1 дБ означает, что звуковое давление выросло в 1,26 раза.

Диапазон воспринимаемых частот

Молодой здоровый человек различает частоты от 20 Гц до 16000 Гц. Чувствительность к высоким частотам с возрастом постепенно снижается (формируется старческая тугоухость). Речевые частоты составляют от 300 Гц до 3400 Гц.



Строение органа слуха



Наружное ухо

Наружное ухо включает:

- 1) **ушную раковину** - ушная раковина собирает и направляет звуковые волны в наружный слуховой проход.
- 2) **наружный слуховой проход**
- 3) **барабанную перепонку** - отделяет наружное ухо от среднего. Функция барабанной перепонки — передача звуковых колебаний, проходящих через наружный слуховой проход к косточкам среднего уха.

Среднее ухо

Среднее ухо включает:

- 1) **барабанную полость**, заполненную воздухом; барабанная полость соединяется с глоткой посредством евстахиевой трубы. Благодаря этому в барабанной полости поддерживается давление, равное атмосферному
- 2) **слуховые косточки**: молоточек, наковальню, стремечко.

Слуховые косточки образуют цепь, соединяющую наружное ухо с внутренним: рукоятка молоточка соединена с барабанной перепонкой, а основание стремечка вставлено в овальное окно.

Роль наружного и среднего уха

Поскольку сопротивление жидкости гораздо выше сопротивления воздуха, большая часть энергии звука отражается от границы раздела сред, поскольку они различаются по акустическому импедансу. Роль барабанной перепонки и слуховых косточек заключается в согласовании импедансов между звуковыми волнами в воздухе и звуковыми вибрациями жидкости в улитке. Это достигается двумя путями:

- 1) Площадь барабанной перепонки приблизительно в 17 раз больше, чем площадь овального окна. Это дает значительное увеличение давления на овальном окне
- 2) При каждой звуковой вибрации амплитуда движения основания стремечка составляет лишь $3/4$ амплитуды движения рукоятки молоточка. Система слуховых косточек уменьшает амплитуду, но увеличивает при этом силу движения стремечка примерно в 1,3 раза, что также увеличивает давление основания стремечка на перилимфу

Роль мышц среднего уха

Когда звуковые волны передаются через косточковую систему с небольшой задержкой, осуществляется рефлекторное сокращение **стремянной мышцы и мышцы, напрягающей барабанную перепонку**. Последняя тянет рукоятку молоточка внутрь, тогда как стремянная мышца тянет стремечко наружу. Обе силы противоположны друг другу, и это ведет к увеличению ригидности всей косточковой системы, что сильно снижает проведение низкочастотных волн, главным образом частотой ниже 1000 Гц.

Данный механизм, как полагают, выполняет 3 функции:

- 1) Защищает улитку от повреждающих вибраций, связанных с чрезмерно громким звуком.
- 2) Маскирует низкочастотные звуки в шумной среде. При этом обычно удаляется основная часть фонового шума, что позволяет человеку сконцентрироваться на звуках частотой выше 1000 Гц, с помощью которых передается большинство значимой информации при речевом общении.
- 3) Мышца, напрягающая барабанную перепонку и стремянная мышца снижают слуховую чувствительность человека к собственной речи.

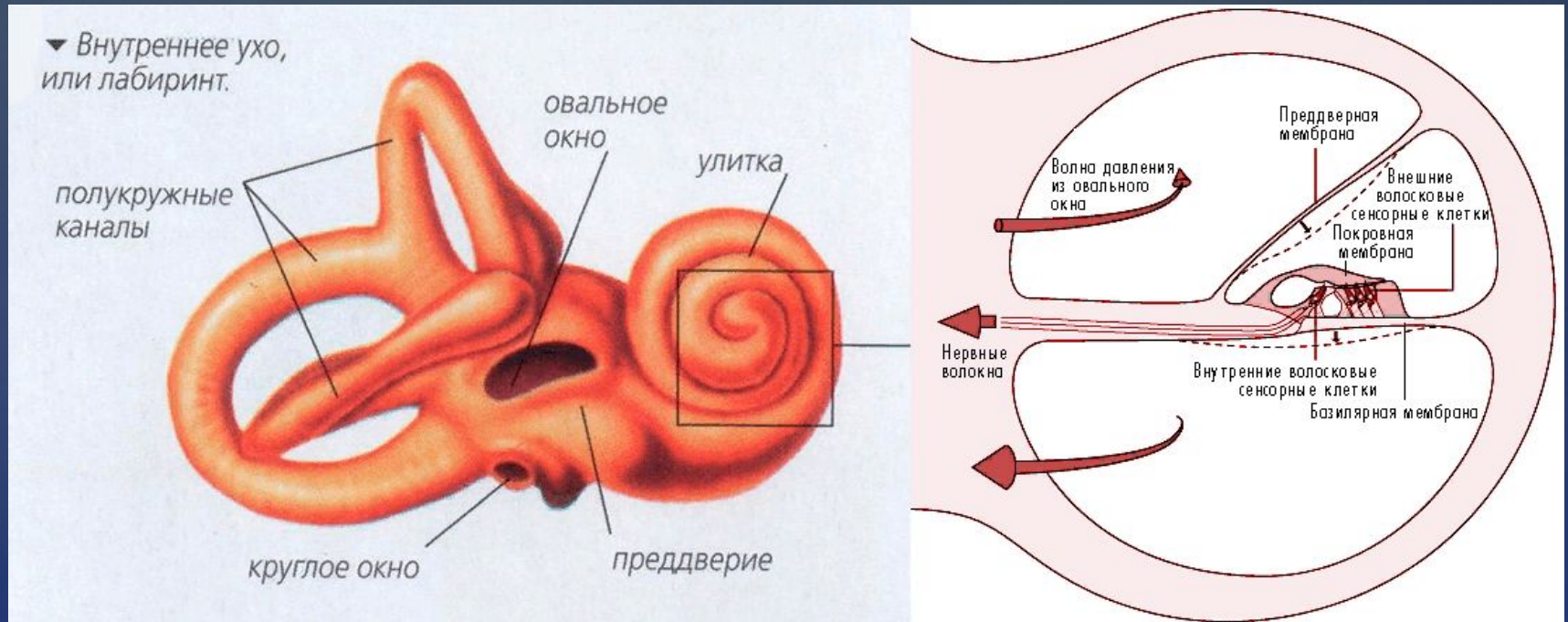
Костная проводимость.

Поскольку улитка встроена в височную кость, вибрация всего черепа может вызывать вибрацию жидкости в самой улитке. Следовательно, когда камертон или электронный вибратор размещаются на любом костном выступе черепа, особенно на сосцевидном отростке, человек слышит звук.

Это объясняет причину того, что собственный голос кажется человеку более низким, чем он есть на самом деле, т. к. при живой речи часть энергии передается в ухо по костям.

Внутреннее ухо

Включает 3 отдела: преддверие, полукружные каналы и улитку. К органу слуха относится только улитка.



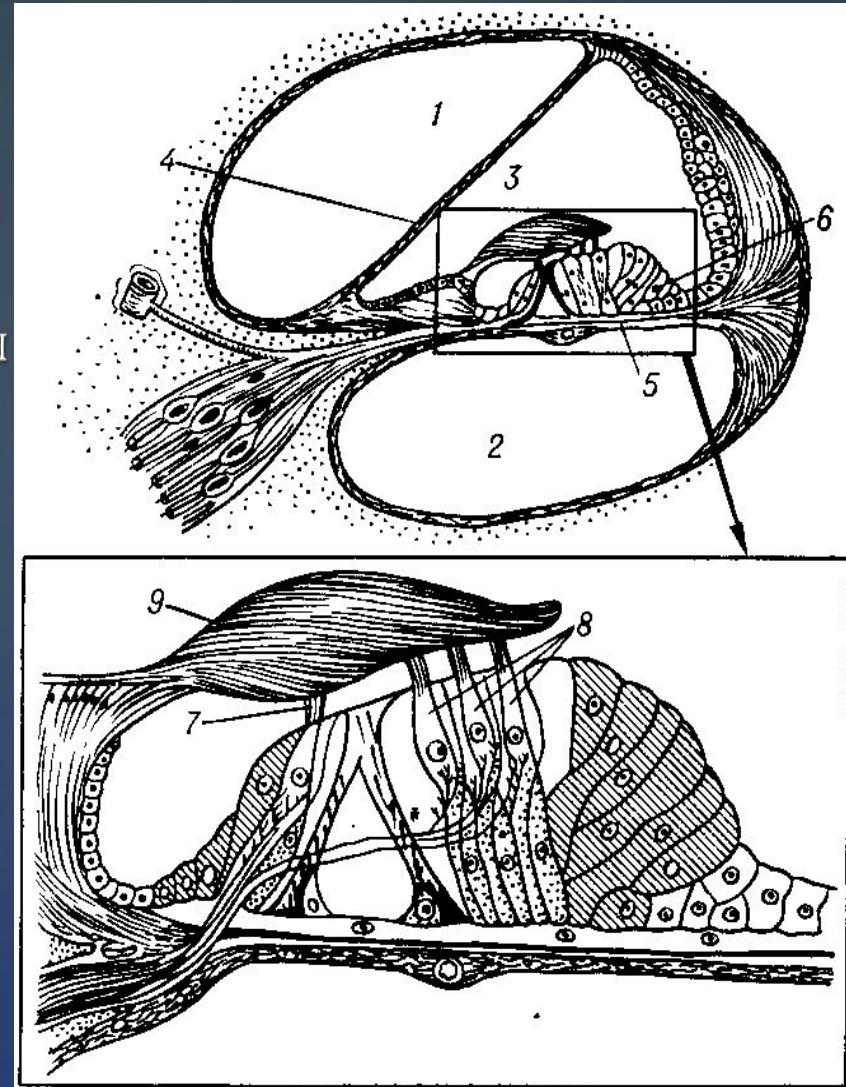
Строение улитки

Улитка представляет собой спирально закрученный отдел лабиринта, имеющий 2,5 завитка.

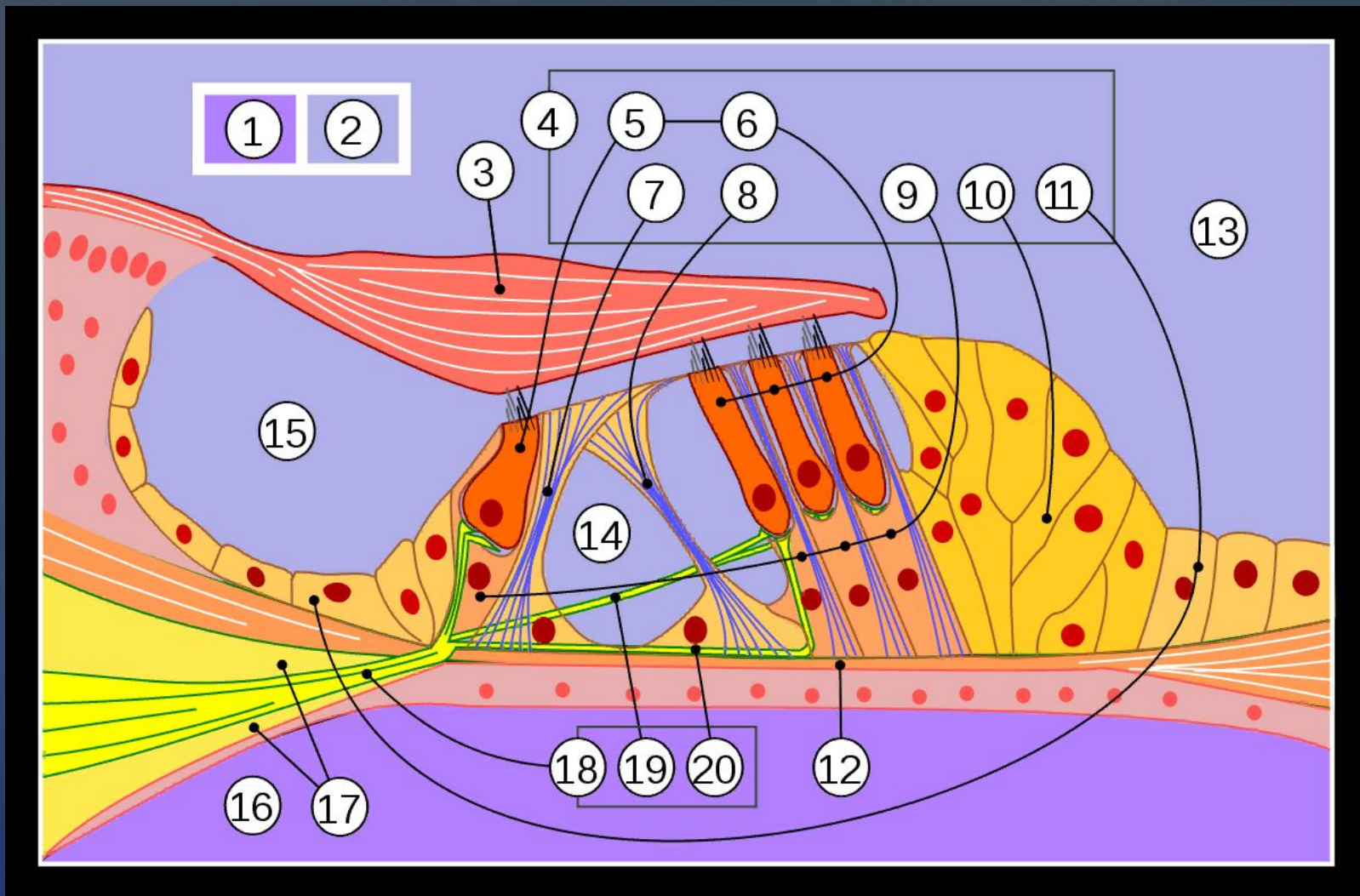
Улитки двумя мембранами на три лестницы :

- 1) вестибулярную лестницу - начинается от преддверия, в котором располагается овальное окно. ;
- 2) среднюю лестницу (улитковый проток) – содержит кортиев орган
- 3) барабанную лестницу - начинается от барабанной полости, с которой она граничит посредством круглого окна.

Вестибулярная и барабанная лестницы заполнены перилимфой, средняя — эндолимфой.



Строение кортиева органа



Сенсорное преобразование

1. Колебания овального окна передаются на базилярную мембрану внутреннего уха.
2. Вместе с базилярной мембраны колеблются и волосковые клетки; их волоски, упирающиеся в покровную мембрану, при этом сгибаются.
3. Деформация волосков приводит к открыванию ионных каналов волосковых клеток.
4. Возникает рецепторный потенциал.
5. Этот потенциал вызывает выделение волосковыми клетками медиатора, деполяризующего чувствительные нервные окончания.

Роль наружных волосковых клеток

Хотя наружных волосковых клеток в 3-4 раза больше, чем внутренних, примерно 90% волокон слухового нерва стимулируются внутренним и, а не наружными клетками. Но несмотря на это, если наружные клетки поражаются, а внутренние функционально остаются совершенно нормальными, происходит значительная потеря слуха. Наружные волосковые клетки, обладая сократительной активностью, способны «раскачивать» основную мембрану и тем самым усиливать звуковые колебания, увеличивая чувствительность к звукам определенной частоты.

Кодирование параметров звука

Высота звука — это субъективное восприятие частоты звуковых колебаний.

Длина волокон основной мембраны постепенно увеличивается в направлении от основания улитки к ее верхушке, начиная от овального окна. Диаметр базальных волокон, однако, постепенно уменьшается в направлении от овального окна к геликотреме. В результате короткие жесткие волокна у овального окна улитки лучше вибрируют при очень высокой частоте, тогда как длинные и гибкие волокна у верхушки улитки — при низкой частоте.

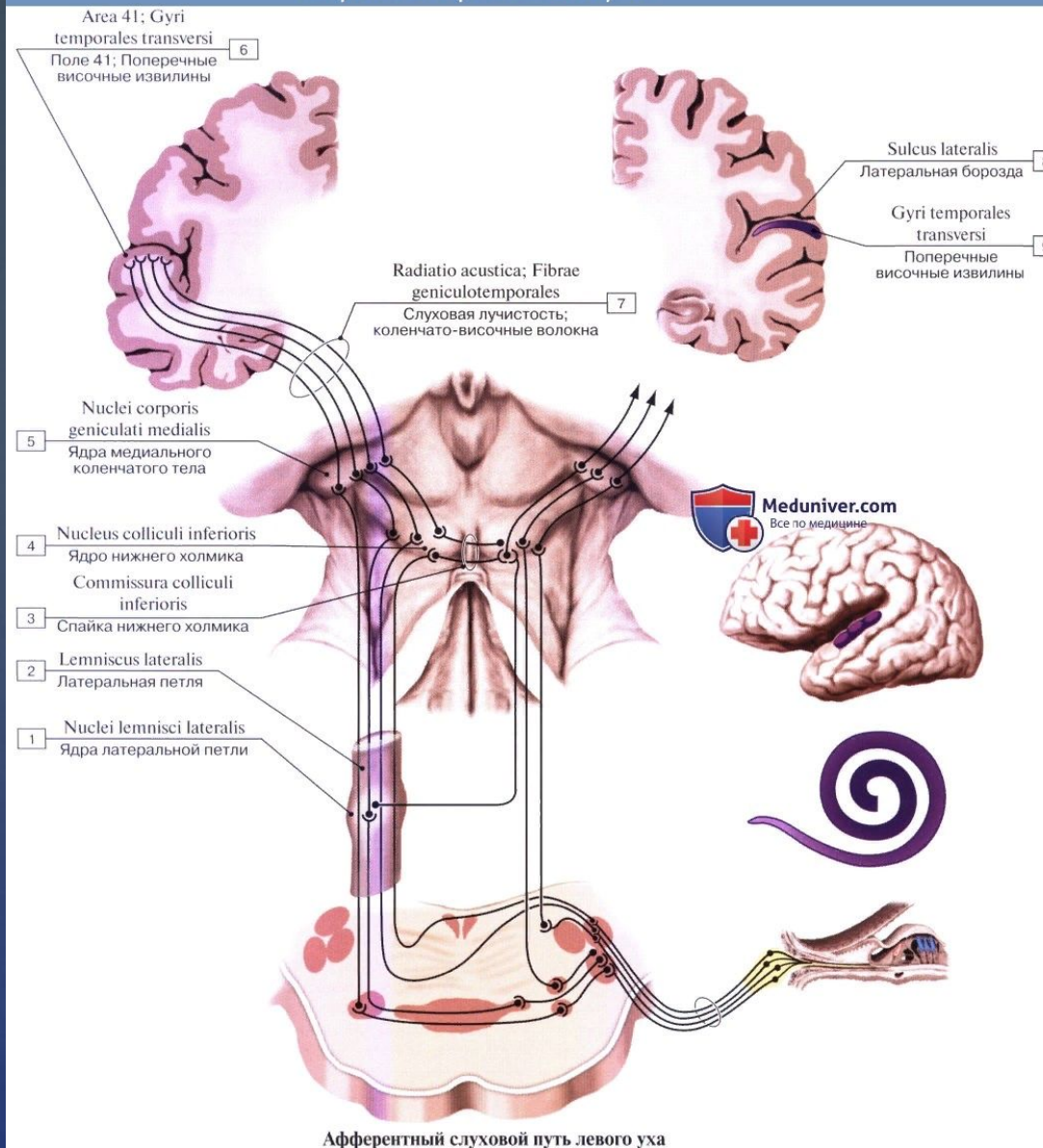
Таким образом, у основания, где звуковые волны входят в улитку через овальное окно, возникает высокочастотный резонанс основной мембраны, а вблизи геликотремы - низкочастотный резонанс.

Слуховые пути

1. Тела чувствительных нейронов лежат в спиральном ганглии, залегающем в улитке.
2. Аксоны этих нейронов образуют улитковую часть преддверно-улиткового нерва и идут в продолговатый мозг, переключаясь в нем на нейронах улитковых ядер.
3. После улитковых ядер слуховые пути в стволе мозга частично перекрещиваются и делают ряд переключений, в частности — в нижних холмиках четверохолмия и верхних оливных ядрах.
4. От ствола мозга слуховые пути поступают в медиальные коленчатые тела таламуса.
5. От медиальных коленчатых тел слуховые пути поступают в первичную слуховую зону (верхняя височная извилина).

Слуховые пути

Слуховой путь левого уха

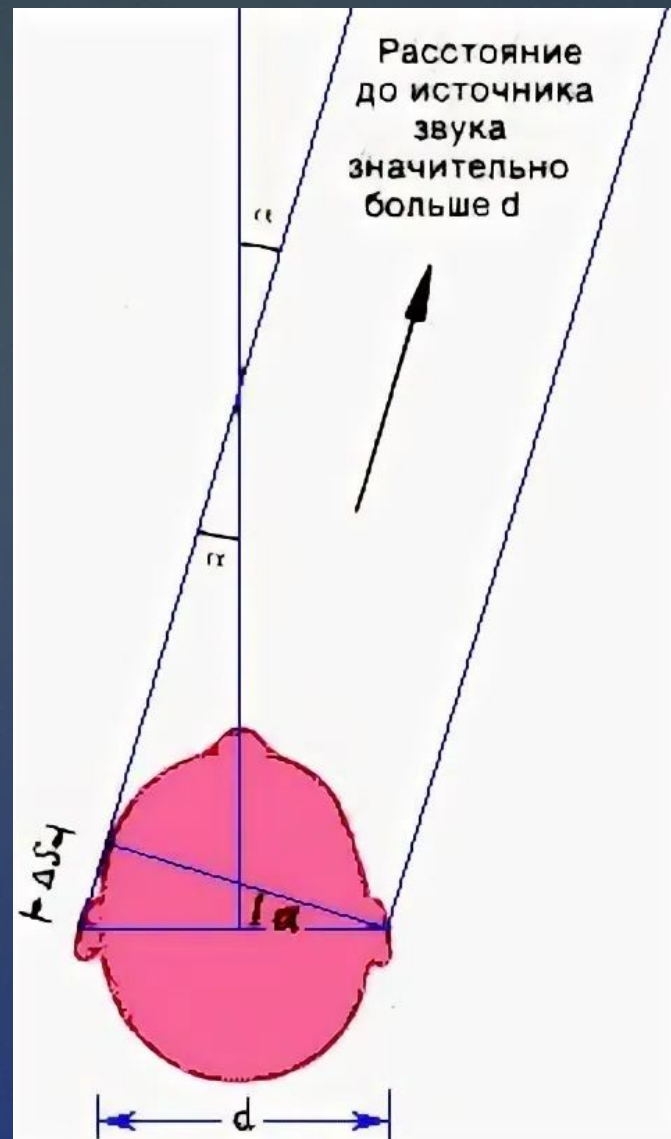


Афферентный слуховой путь левого уха

Слуховая ориентация в пространстве

Бинауральный слух - восприятие звуков с помощью обеих ушей и симметричных частей слуховой системы. Это позволяет определять источник звука за счет того, что одно ухо располагается от источника звука дальше, чем другое.

Распространяясь с конечной скоростью, звук достигает более удаленного уха позже и с меньшей силой, а слуховая система способна выявлять ее разницу в двух ушах уже на уровне 1дБ.



Нарушения слуха

1) Нарушение проведения звука – возникает при повреждении тимпанально-косточкового аппарата

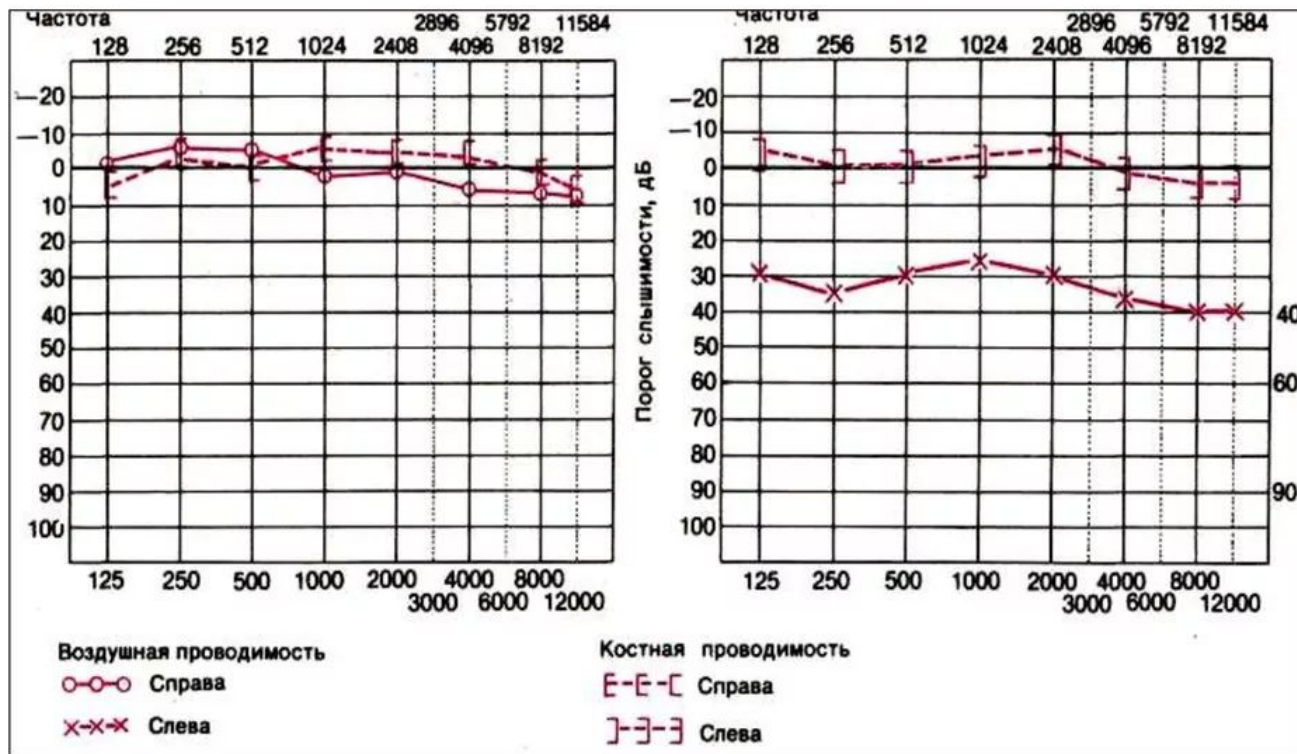
2) Нарушение восприятия звука – повреждены волосковые клетки кортиева органа

3) Ретрокохлеарные нарушения – повреждены компоненты слуховых путей

Для выявления локализации повреждений используют многочисленные тесты.

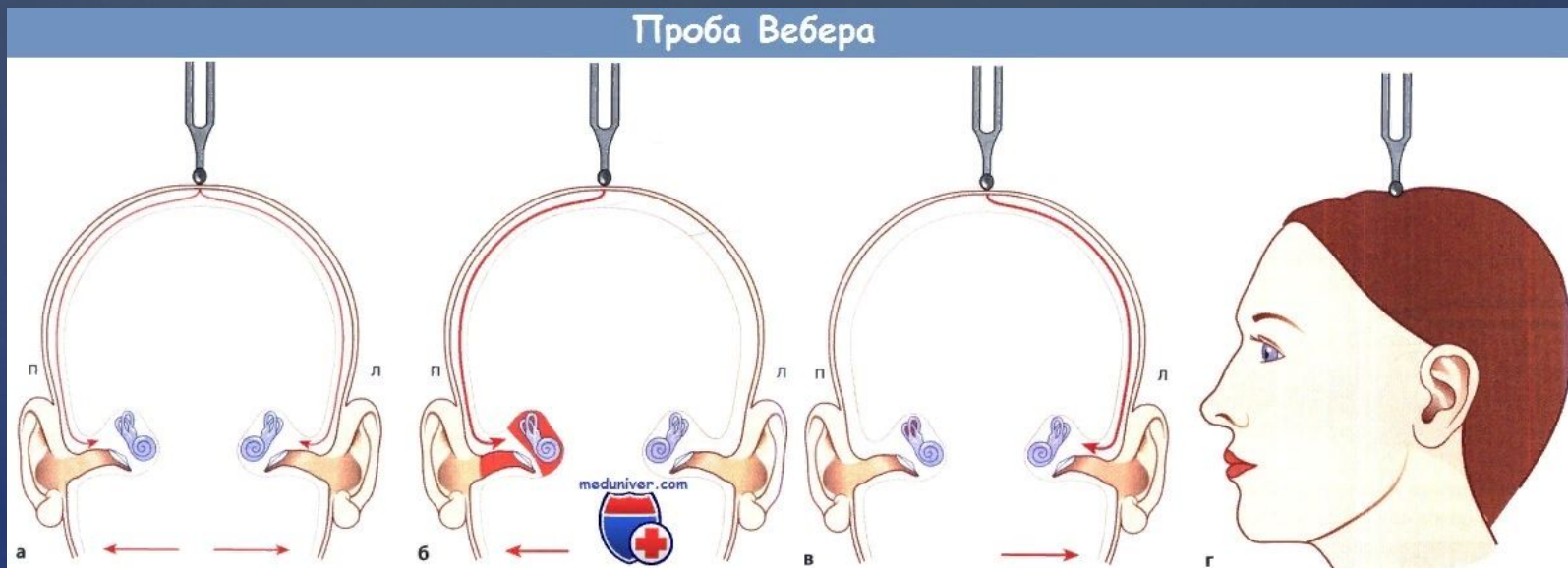
Тест на воздушную проводимость

Аудиограмма больного с левосторонним нарушением звуковой проводимости



Тест Вебера

Предназначен для выявления патологий внутреннего уха. Ножку колеблющегося камертона (с частотой 256 Гц) помещают на среднюю линию черепа. Если поражено внутреннее ухо, больной сообщает, что тон звучит со здоровой стороны, если среднее ухо – то со здоровой стороны.



Тест Ринне

С помощью данного теста сравнивают воздушную и костную проводимость одного и того же уха. Звучащий камертон держат на сосцевидном отростке (костная проводимость), пока больной не перестает слышать звук, а после этого подносят камертон непосредственно к наружному уху (воздушная проводимость). Люди с нормальным слухом и ненарушенной проводимостью снова слышат тон (тест Ринне положительный), а те, у кого ухудшено проведение, не слышат или слышат очень недолго.



Заключение

Эммануил Кант: "Невозможность видеть отделяет человека от вещей. Невозможность слышать отделяет человека от людей".