

КОСТНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ЗВУКА

Дудзінський Юрій Михайлович

доктор ф-м.н., професор

Сақун Світлана Костянтинівна

стар. викладач

Кушнір Кирило Олегович

студент

Одеський національний політехнічний університет

м. Одеса, Україна

Аннотация: Представлены основные сведения по физиологии слухового аппарата человека. Рассмотрены методы исследования нарушения слуха (воздушная и костная проводимость) и дан сравнительный анализ этих методов. Представлены некоторые современные, промышленно изготавливаемые слуховые аппараты на основе явления костной проводимости, особенности их применения.

Ключевые слова: костная и воздушная проводимость, слуховой аппарат. Нарушения слуха.

Физиология слухового аппарата человека. Костная проводимость – способность проводить и воспринимать нервной системой звуковые сигналы за счет вибрации костной ткани. Таким образом звук передается от внешнего во внутреннее ухо через кости черепа. Посредством костной проводимости звук воспринимают люди как с нормальным, так и с ослабленным слухом.

В человеческом органе слуха функционально выделяются три основных ключевых узла и вспомогательные элементы (рис. 1):

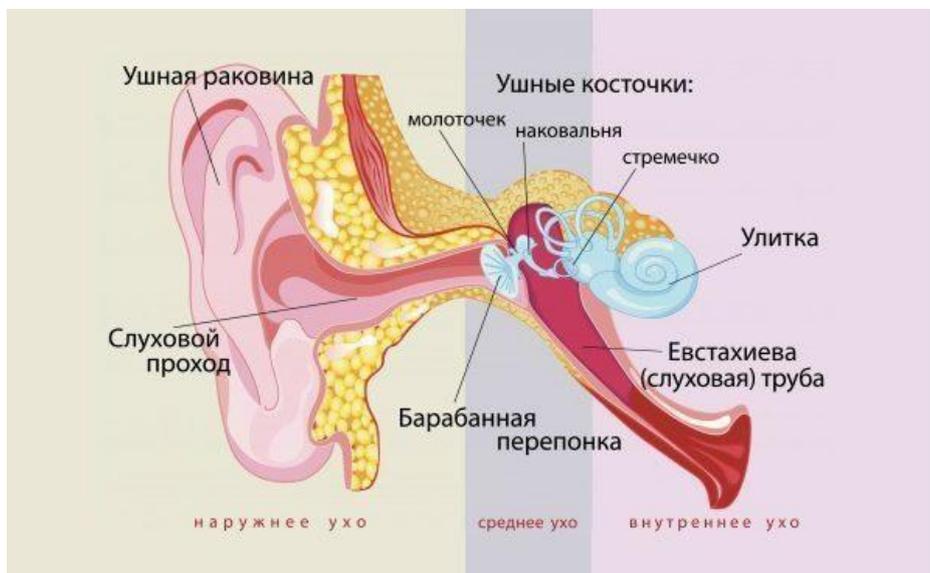


Рис. 1. Функциональная схема слухового аппарата человека

1. Наружное ухо – все та же видимая нашему глазу раковина и слуховой проход;
2. Среднее ухо – представляет собой небольшую полость, в которой располагается барабанная перепонка, евстахиева труба и слуховые косточки;
3. Внутреннее ухо – включает улитку, отвечающую за преобразование акустических волн в электрические сигналы, а также системы лабиринтов;
4. Другие элементы – соединительные ткани и нервные окончания.

Теоретически диапазон слышимых звуковых частот от 20 Гц до 20 кГц. Однако для большинства людей реальные частотные пороги ограничены значениями (50...18000) Гц. Наиболее информативный диапазон частот для человека еще более узкий (100...8000) Гц. Среди множества функций человеческого слуха можно выделить следующие.

- **Информационная** – прежде всего слух человека передает нам сигналы о том, что происходит в окружающей обстановке, помогает воспринимать речь и фоновые звуки
 - **Ориентационная** – наряду со зрением, слух отвечает за нашу ориентацию на местности, определяет источник звука, его направление и удаленность
 - **Активационная** – слуховая система человека стимулирует кору головного мозга, отвечающую за восприятие звуковой информации
 - **Коммуникативная** – полноценное общение невозможно без способности слышать собеседников, ухо воспринимает речь, декодирует ее и передает в соответствующие мозговые центры
 - **Социальная** – чем лучше работает слуховая система, тем шире возможности поддерживать контакт с обществом
 - **Эмоциональная** – люди с нормальным слухом этого не замечают, но стоит его потерять, как дефицит восприятия выводит человека из психологического равновесия, это приводит к раздражительности, закрытости, ощущению беспомощности, стрессу
- Любое нарушения слуха называется тугоухостью. Они бывают обратимыми и необратимыми. Различают 3 вида нарушения слуха:

1. кондуктивная (обратимая);
2. сенсоневральная (чаще необратимая);
3. смешанная (частично обратимая).

Исследования нарушения слуха. Для того, чтобы определить вид нарушения слуха и выяснить причину этого нарушения, проводятся исследования одним или несколькими методами. Основными и самыми простыми из них в медицинской практике являются камертоновый метод и тональная аудиометрия.

2.1. Камертоновый метод. Это исследование проводится с использованием специального набора камертонов, перекрывающих широкий частотный диапазон. Каждый камертон имеет свой «паспорт» (рис. 2), т.е. данные о времени интервала в секундах, в течение которого его звучание воспринимается через воздух и через кость здоровым ухом. Исследуется воздушная и костная проводимость.

Рассмотрим некоторые количественные оценки камертонового исследования слуха.

Исследование воздушной проводимости проводится [1] низкочастотным камертоном с частотой 128 колебаний в секунду (128 Гц), затем камертоном с частотой 2048 колебаний в секунду (2048 Гц). Камертон (128 Гц) приводится в колебание резким сжатием бранш пальцами и резким отпусканием их, камертон (2048 Гц) – щелчком ногтя по бранше.

Звучащий камертон, который держат за ножку, подносят к наружному слуховому проходу максимально близко (1 см) таким образом, чтобы ось, проходящая поперек обеих бранш, совпадала с осью наружного слухового прохода.

Камертон не должен соприкасаться ни с ушной раковиной, ни с волосами. Секундомером измеряется время, в течение которого пациент слышит звучание камертона. Во избежание утомления и адаптации камертон отводят от уха на (1...2) с каждые (4...5) с, не возбуждая его повторно.



Рис. 2. Возможные конструкции камертонов

Исследование костной проводимости. Это исследование проводится камертоном (128 Гц) [1], т.к. вибрация камертона с более высокой частотой прослушивается через воздух ухом. Методика проведения аналогична исследованию воздушной проводимости, с той разницей, что звучащий камертон ставят ножкой на площадку *сосцевидного отростка* перпендикулярно ему.

Качественная оценка камертонального исследования слуха. Основной целью проведения качественной оценки с помощью камертональных проб является дифференциальная диагностика нарушений звукопроводности и звуковосприятия.

Опыт Вебера (W). Определение латерализации звука [2]. Звучащий камертон (128 Гц) устанавливают на теменную область пациента. При неизменной функции слуха пациент слышит звук в середине головы или одинаково в обоих ушах. В случае одностороннего поражения звукопроводения звук воспринимается хуже слышащим ухом (латерализация в больное ухо). При одностороннем нарушении звуковосприятия звук латерализуется в лучше слышащее ухо.

Опыт Ринне (R). Производится сравнение воздушной и костной проводимости [3]. Звучащий камертон (128 Гц) приставляют ножкой к площадке сосцевидного отростка. Когда пациент прекращает воспринимать звук, камертон подносят к наружному слуховому проходу. Если слух нормальный или если нарушено звуковосприятие исследуемый будет слышать звук камертона возле уха еще в течение некоторого времени (опыт положительный), т.е. воздушная проводимость превалирует над костной. В случае нарушения звукопроводения опыт отрицательный – костная проводимость преобладает над воздушной.

Опыт Швабаха (Sch). Этот опыт используют для определения длительности восприятия звука через кость [2]. Звучащий камертон (128 Гц) приставляют к сосцевидному отростку и держат его так до тех пор, пока исследуемый не перестанет слышать. Затем врач (с нормальным слухом) ставит камертон себе на сосцевидный отросток. Если он продолжает слышать камертон, то опыт Швабаха у исследуемого укорочен (опыт положительный). Укорочение опыта Швабаха наблюдается при заболеваниях звуковоспринимающего аппарата, удлинение – при заболеваниях звукопроводящего аппарата.

Опыт Бинга (B). Выполняется с целью определения относительной и абсолютной проводимости звука через кость [2]. Камертон (128 Гц) приставляют к сосцевидному отростку и сравнивают костную проводимость при открытом и при закрытом наружном слуховом проходе, для чего прижимают козелок к ушной раковине. В норме и при нарушении звуковосприятия выключение воздушного звукопроводения при закрытом слуховом проходе удлиняет звукопроводение через кость (опыт Бинга положительный). При

нарушении звукопроводения костное проведение звука остается одинаковым при открытом и закрытом слуховом проходе (опыт Бинга отрицательный).

Опыт Федеричи (F). Звучащий камертон (128 Гц) ставят сначала на сосцевидный отросток, а затем переставляют камертон на козелок, осторожно вдавливая его в слуховой проход [4]. В норме и при нарушении звуковосприятия звук камертона с козелка воспринимается продолжительнее, чем с сосцевидного отростка (положительный опыт Федеричи). Более продолжительное и громкое восприятие звука с сосцевидного отростка наблюдается при тугоподвижности цепи слуховых косточек (опыт отрицательный).

Опыт Желле (G). Опыт выполняется для определения подвижности стремени. Звучащий камертон (128 Гц) приставляют к сосцевидному отростку [3]. Оливой баллона Политцера герметически закрывают наружный слуховой проход, затем сгущают или разрежают давление в наружном слуховом проходе путем сжатия и расслабления баллона. Пациент с нормальной подвижностью стремени в момент сгущения воздуха отмечает ухудшение восприятия звука камертона (опыт Желле положительный). В случае неподвижности стремени изменения звука не происходит (опыт Желле отрицательный).

Результаты акустических исследований заносятся в слуховой паспорт (табл. 1), который оформляется в виде таблицы. В качестве примера приведен слуховой паспорт пациента с правосторонним нарушением звукопроводности.

Таблица 1.

AD (Правое ухо)		AS (левое ухо)
+	Субъективный шум (СШ)	–
2.0	Шепотная речь (ШР)	6.0
5.0	Разговорная речь (РР)	Больше 6.0
15	С128к (норма 30 сек)	28
30	С128в (норма 60 сек)	55
30	С2048 (норма 45 сек)	45
Вправо	Опыт Вебера (W)	
–	Опыт Ринне (R)	+
–	Опыт Швабаха (Sch)	+
–	Опыт Федеричи (F)	+
–	Опыт Желле (G)	–

2.2. Тональная аудиометрия. Цель исследования – определение порогов слуха человека на разных частотах, включающих диапазон слышания человеческого уха от 125 Гц до 8000 Гц (16000 Гц – расширенный диапазон высоких частот) при помощи аудиометра (рис. 3). Технически данное исследование предполагает непосредственное активное участие пациента, который сообщает исследователю о том, в какой момент он слышит сигнал.



Рис. 3. Вид прибора для исследования слуха при помощи аудиологического оборудования – аудиометра

Возможны такие разновидности тональной аудиометрии.

1. Исследование проводят в головных телефонах (рис. 4), в которых определяют воздушную проводимость и оценивают качество слуха через все структуры уха (ушную раковину, наружный слуховой проход, среднее ухо с системой слуховых косточек и внутреннее ухо с системой нервных клеток, воспринимающих механический звук и вырабатывающих ответный импульс). Такой вид исследования дает представление об общей остроте слуха.

2. Исследование проводят в оголовье с костным телефоном, в котором определяется острота слуха, напрямую раздражая нервные клетки. Без возможных временных дополнительных причин снижения слуха.



Рис. 4. Тональная аудиометрия в головных телефонах

По результатам обследования выстраивается график (рис. 5), который дает возможность поставить диагноз, определить степень снижения слуха и дать дальнейшие рекомендации данному пациенту.

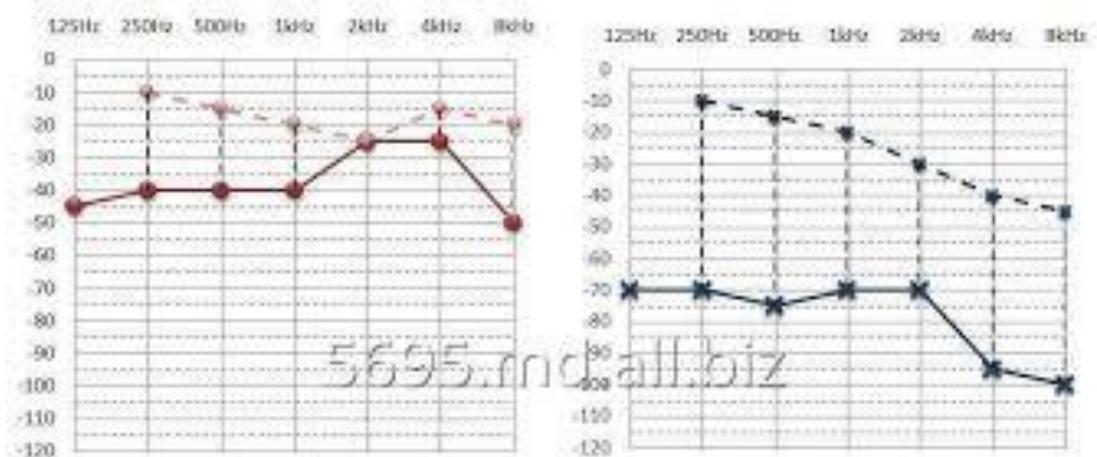


Рис. 5. Оформлення результатів досліджень

При очень большой потере слуха, с большим «разрывом» между костной и воздушной проводимостью (данные ситуации возникают при многолетнем воспалительном процессе в среднем ухе, либо масштабном оперативном лечении этих процессов) есть необходимость помочь пациенту слушать искусственным путем, так называемым протезом слуха или слуховым аппаратом. В данной ситуации наиболее распространенные слуховые аппараты воздушной проводимости не справляются с задачей и приходится применять слуховые аппараты костной проводимости.

Образцы слуховых аппаратов костной проводимости. Среди слуховых аппаратов есть особый класс устройств – костной проводимости. Они существенно отличаются от «обычных», которые усиленный звук передают «по воздуху» традиционным путем – наружный слуховой проход, барабанная перепонка, слуховые косточки, внутреннее ухо. Костные же слуховые аппараты обработанный звук сразу доставляют во внутреннее ухо посредством костей, минуя наружное и среднее (рис. 6).



Рис. 6. Варианты закрепления слуховых аппаратов

При этом звуковую информацию получают оба уха, а не только то, на стороне которого расположено устройство. Этот вид аппаратов появился довольно давно и старшее поколение их неплохо помнит. В былые времена представляли собой достаточно громоздкие

и неэстетичные устройства на жестком оголовье карманного типа, реже встроенные в дужку очков. Они нашли свое применение у больных с хроническими средними отитами, в том числе после радикальных операций на ушах.

С 1977 года началась новая эра в развитии этого направления, когда в Швеции были прооперированы три первых пациента для использования слуховых аппаратов костной проводимости. Сейчас в мире доступно множество таких устройств как имплантируемого, так и неимплантируемого типа.

Принцип работы. Слуховые аппараты костной проводимости при помощи микрофонов улавливают окружающие звуки, обрабатывают их, преобразуют в вибрационные колебания, которые достигают внутреннего уха.

Способы крепления. Существуют неимплантируемые и имплантируемые (как правило, доступны по достижению определенного возраста и/или толщины кости) варианты. При этом в большинстве случаев собственно костный слуховой аппарат можно использовать и без оперативного вмешательства (оголовье, бандаж).

1. Твердое оголовье – напоминает собой обруч для волос, концы которого устанавливаются за ухо. В этих местах крепится слуховой аппарат.
2. Мягкий бандаж – напоминает ленту для волос, бывает разных размеров (даже для самых маленьких детей). Имеет на своем протяжении одну или две площадки для крепления аппаратов, которые размещаются за ухом.
3. Титановый имплант – для его установки необходима операция, в результате которой над поверхностью кожи в заушной области возвышается основание для присоединения устройства.
4. Титаново-магнитный имплант – плоская пластина, которую во время хирургического вмешательства крепят на кость и полностью закрывают кожей. Слуховой аппарат держится за счет магнитной подушки.
5. Активный имплант – часть системы, которая трансформирует звук в вибрацию помещается в ложе, которое формируется в кости. Речевой процессор крепится при помощи магнита, как и при кохлеарной имплантации, на нарушая целостности кожи.

Рекомендации по применению. Основное показание к использованию слуховых аппаратов костной проводимости – двусторонние стойкие кондуктивные нарушения слуха. Это такие формы тугоухости, при которых внутреннее ухо функционирует нормально, а передача звука до него через слуховой проход, барабанную перепонку, слуховые косточки страдает. Вот некоторые из таких заболеваний:

- атрезия наружного слухового прохода;
- аномалии развития среднего уха;
- хронические средние отиты;
- отосклероз;
- состояния после радикальной санирующей операции на ухе.

Намного реже костные слуховые аппараты применяются при односторонней глухоте, когда их устанавливают на стороне пораженного уха. Устройство улавливает окружающие звуки и по кости передает их на здоровое ухо.

На сегодняшний день мировым лидером в производстве имплантов для людей с нарушением слуха разной этиологии является австрийская фирма «MEDEL». Она представляет систему имплантации Bonebridge. Эта система состоит из аудиопроцессора Amadé BB, который носится на голове, и импланта костной проводимости (BCI 601), помещаемого в ходе операции под кожу в заушной области. Небольшой компактный аудиопроцессор может быть легко скрыт под волосами.

Аппараты **Amadé BB*** (рис. 7) включают:

- компактный аудиопроцессор небольшой, оставляющий ухо свободным;

- 3 програми для особих акустических ситуаций
- легко управлять, удобно носить

С аудиопроцессором Amadé BB система **Bonebridge** предлагает пользователю исключительную технологию обработки акустического сигнала. Автоматические и индивидуально настраиваемые параметры обеспечивают оптимальный слух в любой ситуации. Аудиопроцессор располагается непосредственно над имплантом, удерживаясь при помощи магнита, что позволяет удобно и незаметно носить его под волосами.



Рис. 7. Слуховые аппараты фирмы Amadé BB*

Аппараты **BCI 601** (Рис.8.) – на основе импланта костной проводимости характеризуются:

- BONEBRIDGE разрешены МРТ – обследования до 1,5Т;
- неповрежденная кожа – отсутствие воспаления;
- оптимальная передача звука путем прямой стимуляции практически без осложнений.



Рис. 8. Слуховые аппараты BCI 601 – на основе импланта костной проводимости

Bonebridge являється інноваційним імплантом костної провідності, який передає звукові хвилі через кістки черепа напряму до внутрішнього вуха, де вони сприймаються як звичайний звук. Імплант повністю прихований під неповреженою шкірою голови. В порівнянні з іншими системами костної провідності, це зводить до мінімуму ризик виникнення подразнення шкіри, а пряма стимуляція кістки (технологія "прямого приводу") дозволяє досягти оптимальних результатів передачі акустичної інформації.

ВИВОДИ

1. В разі порушення слуху властивість костної провідності активно використовується в медицині, щоб допомогти з недугою та покращити якість життя хворого пацієнта.
2. Разом з тим, слід зазначити, що властивості слухових апаратів з костною провідністю також широко використовуються і в особливих, спеціальних випадках в промисловості та в армії як обладнання людей, виконують складні та небезпечні операції.
3. Використання слухових апаратів на основі костної провідності на практиці довели свою ефективність та можливість подальшого вдосконалення.

ІСТОЧНИКИ

1. Попов А.А. Особливості звукової провідності та роль метрологічного забезпечення в аудіометрії / А.А. Попов, С.А. Глушанина // науково-виробничий та культурно-освітній журнал "Якість та Життя". – 2016. – №1(9). – С.70–73.
2. Бабіак В.І. Методи дослідження органів слуху / В.І. Бабіак, М.І. Говорун, Я.А. Накатис // Оториноларингологія: Т.2. – М.: Мир. – 2009. – 390 с.
3. Понізов А.Г. Камертональні дослідження електронними засобами / А.Г. Понізов Р.В. Мещеряков // Медичинська техніка. – 2012. – №1. – С.36–39.
4. Молодцова І.А. Дослідження гостроти слуху камертонами / М.А. Молодцова, С.Г.Ярикова, Л.П. Сливеня // Технології діагностики корекції та профілактики порушень слуху у дітей різних вікових груп // М.: Волгоград. – 2013. – С. 23–24.

ПРОМЕНЕВА ТЕРАПІЯ. ЛІКУВАННЯ РАКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛІНІЙНОГО ПРИСКОРЮВАЧА

Манічева Наталя Віталіївна

к.т.н, доцент

Єфименко Тихон Михайлович

студент

Одеський національний політехнічний університет.

м. Одеса, Україна

Анотація. У роботі висвітлені основні етапи розвитку променевої терапії. Види терапії, її принципи. Фізика процесу. Факти з життя. Приклади сучасних прискорювачів та як вони працюють.

Ключові слова: історія медицини, розвиток променевої терапії, радіотерапія, лікування злоякісних новоутворень, радіологічні методи в онкології, променева терапія в онкології, радіоактивність.

Як відомо, датою відкриття рентгенівських променів є 8 листопада 1895 року. Вільгельм Конрад Рентген за допомогою Х-променів сфотографував руку своєї дружини Фрау Берті, хоча це був і не перший в історії рентгенівський знімок, але пріоритет відкриття Х-променів належить саме В.К. Рентгену, і в його честь нові промені були названі рентгенівськими. В.К. Рентген досліджував Х-промені з листопада 1895 року по березень