

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА БОЛЕЗНЕЙ УХА, ГОРЛА, НОСА

**П. А. Затолока**

# **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛУХА**

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2009

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве  
учебно-методического пособия 22.04.2009 г., протокол № 8

Рецензенты: проф. каф. болезней уха, горла, носа Белорусского  
государственного медицинского университета, д-р мед. наук Е. П. Меркулова;  
зав. каф. оториноларингологии Белорусской медицинской академии  
последипломного образования

д-р мед. наук Л. Г. Петрова

**Затолока, П. А.**

З-37 Методы исследования слуха : учеб.-метод. пособие / П. А. Затолока. – Минск : БГМУ, 2009. – 16 с.

ISBN 978–985–528–020–1.

Детально описаны субъективные и объективные методики обследования состояния слуха. Представлены возможности дифференциальной диагностики кондуктивной и сенсоневральной тугоухости. В доступной форме изложены классические методы исследования слуха (при помощи речи, субъективная аудиометрия) и новейшие (объективная аудиометрия, отоакустическая эмиссия).

Предназначено для студентов 4-го курса стоматологического и лечебного факультетов, 5-го курса медико-профилактического и педиатрического факультетов, интернов, клинических ординаторов.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Информацию из окружающей среды человек получает посредством анализаторов. Ухо представляет собой периферический отдел двух анализаторов: звукового и вестибулярного (статокинетического). В данном учебно-методическом пособии отражены методы обследования состояния слуха (оценка функции звукового анализатора).

Термином «социальная адекватность слуха» обозначают способность человека воспринимать звуковые стимулы различной сложности (включая речевые) и участвовать в диалоге. У больных с уровнем слуха ниже «социально адекватного» возникают сложности в общении, что может способствовать отграничению человека от социума. Таким образом, необходима четкая система выявления лиц с патологией звукового анализатора

и применение в максимально ранние сроки всего арсенала методов восстановления слуха. Наиболее актуальна данная проблема в педиатрической практике.

Исследованию функционального состояния звукового анализатора предшествует выяснение жалоб, сбор анамнеза, наружный осмотр, физикальные методы, отоскопия, определение проходимости слуховых труб. Выясняя жалобы и анамнез, уточняют одно- либо двустороннее снижение остроты слуха, поражение постоянное, прогрессирующее, флюктуирующее, наличие и характер шума, аутофонии и др.

## КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛУХА

Исследования слуховой функции осуществляется посредством двух групп методов:

1. **Субъективных** (психоакустических):
  - исследование слуха речью;
  - исследование слуха при помощи камертонов;
  - субъективная аудиометрия.
2. **Объективных:**
  - объективная (компьютерная) аудиометрия;
  - акустическая рефлексометрия;
  - тимпанометрия;
  - отоакустическая эмиссия;
  - безусловные рефлекторные реакции;
  - условные реакции на звук.

### СУБЪЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛУХА

При всех субъективных методах исследования слуха сам испытуемый оценивает: слышит он звук или нет и каким-либо иным способом сообщает об этом исследователю.

При объективных методах обследования полученные результаты не зависят от желания пациента, регистрация их в большинстве случаев происходит при помощи специальной аппаратуры.

Субъективное исследование слуха осуществляется посредством следующих методов:

1. Исследование слуха речью (шепотная речь, разговорная речь, крик).
2. Исследование слуха при помощи камертонов (длительность восприятия звучащих камертонов разных частот, опыты Ринне, Вебера, Швабаха, Желе, <sup>1</sup>*Федеричи, Бинго*).
3. Аудиометрия (тональная (пороговая, *надпороговая*), речевая; *исследование слуха ультразвуком, исследование слуховой адаптации*).

В связи с широким внедрением в клиническую практику современных аудиометрических методов исследование слуха речью и камертонами в настоящее время осуществляют, главным образом, с целью ориентировочной оценки состояния слуховой функции.

#### Исследование слуха речью

При исследовании слуха речью используют два принципа регуляции уровня интенсивности стимулов:

1. Слова произносят с разной интенсивностью (шепотом, разговорной речью, криком).
2. Слова произносят на различном расстоянии от уха обследуемого.

При исследовании слуха речью обычно используют слова из таблицы В.

---

\*\* Информация, обозначенная курсивом, не входит в обязательный объем учебной программы.

И. Воячека либо двузначные числительные.

**Исследование слуха шепотной речью.** Голову пациента поворачивают так, чтобы исследуемое ухо было обращено к исследователю, которого больной не должен видеть. Чтобы избежать ошибок, связанных с переслушиванием, пациент надавливает на козелок неисследуемого уха, тем самым закрывая наружный слуховой проход.

В норме человек должен слышать шепотную речь на расстоянии **не менее 6 м**. Если пациент не слышит, исследователь, постепенно приближаясь, повторяет слова до тех пор, пока больной отчетливо не услышит произнесенные числительные и правильно повторит их. Это расстояние (в метрах) вносится в слуховой паспорт (рис. 1, 2). В случае резкого снижения слуха необходимо произвести исследование по той же методике с помощью **разговорной речи** или **крика** (для каждого уха в отдельности).

### **Исследование слуха камертонами**

Полный набор обычно включает восемь камертонов ( $C_{32}$ ,  $C_{64}$ ,  $C_{128}$ ,  $C_{256}$ ,  $C_{512}$ ,  $C_{1026}$ ,  $C_{2048}$ ,  $C_{4096}$ ). Для практической повседневной работы в большинстве случаев достаточно иметь лишь два из них ( $C_{128}$  и  $C_{2048}$ ). При оценке результатов исследования слуха с помощью камертонов руководствуются их стандартами, т. е. продолжительностью времени, в течение которого слышат звук камертонов лица с нормальным слухом.

Исследование при помощи камертонов позволяет ориентировочно определить степень снижения слуха и в ряде случаев уровень поражения слухового анализатора (кондуктивная или сенсоневральная тугоухость).

Восприятие звука по воздушной проводимости определяют с помощью обоих камертонов ( $C_{128}$  и  $C_{2048}$ ), а по костной проводимости — только с использованием камертона частотой 128 Гц ( $C_{128}$ ). Воздушная проводимость дает информацию о слуховом анализаторе в целом (как о звукопроводящей (наружное, среднее ухо), так и звуковоспринимающей системе (внутреннее ухо)). По костной проводимости звук передается непосредственно на внутреннее ухо, что дает возможность оценить лишь состояние звуковоспринимающего аппарата.

При камертональном исследовании слуха определяют длительность восприятия (в секундах):

- камертона  $C_{128}$  — **по воздуху**;
- камертона  $C_{2048}$  — **по воздуху**;
- камертона  $C_{128}$  — **по кости**.

Измерения осуществляют следующим образом:

1. Звучащий камертон  $C_{128}$  располагают на расстоянии 2–3 см от ушной раковины и определяют продолжительность восприятия звука (воздушная проводимость) в секундах.

2. Аналогично определяют время восприятия по воздуху камертона  $C_{2048}$ .

3. Для изучения костной проводимости звучащий камертон  $C_{128}$  устанавливают ножкой на сосцевидный отросток и фиксируют время восприятия. Указанные измерения выполняют для каждого уха в отдельности.

Сравнивая длительность восприятия звучащего камертона пациентом со стандартом камертона, можно ориентировочно судить о степени снижения остроты слуха. При заболеваниях звукопроводящего отдела (серная пробка, средний отит и др.) снижается лишь воздушная проводимость. Заболевания звуковоспринимающего аппарата (сенсоневральная тугоухость) приводят к нарушению и костной, и воздушной проводимости.

Для определения локализации поражения звукового анализатора (звукопроводящего или звуковоспринимающего его отделов) целесообразно выполнить ряд опытов с применением камертонов.

**Опыт Ринне (R)** (сравнение продолжительности восприятия звука камертона  $C_{128}$  по костной и воздушной проводимости) — метод дифференциальной диагностики заболеваний звуковоспринимающего и звукопроводящего аппаратов.

Опыт проводится следующим образом: ножку звучащего камертона  $C_{128}$  устанавливают на сосцевидный отросток, как только пациент перестает слышать звук, камертон приближают к наружному слуховому проходу. Поскольку **в норме** воздушная проводимость продолжительнее костной, звук по воздуху будет еще слышен — **опыт Ринне положителен (R+)** (это может наблюдаться также и при поражении звуковоспринимающего аппарата, однако длительность восприятия снижается). Если продолжительность восприятия звука через кость больше, чем через воздух (состояние, когда после прекращения восприятия звука посредством костной проводимости пациент не воспринимает звук по воздуху), то это свидетельствует **о поражении звукопроводящего аппарата** (кондуктивная тугоухость) — **опыт Ринне отрицателен (R-)**.

**Опыт Вебера (W)** (определение латерализации звука) — метод дифференциальной диагностики поражений звукопроводящего и звуковоспринимающего аппаратов уха, основанный на субъективном восприятии локализации источника звука камертона, установленного на середину

темени пациента. Ножку звучащего камертона  $C_{128}$  ставят на темя. Поскольку костная звукопроводимость звука **в норме** в оба уха одинакова, у **здорового человека звук ощущается посредине головы** (в обоих ушах одинаково) — латерализации звука нет (записывается W « $\leftrightarrow$ » или « $\downarrow$ »). Аналогичный результат будет получен и при двусторонней сенсоневральной тугоухости одинаковой степени.

Если звук громче слышен в одном из ушей, говорят о латерализации звука в это ухо. При одностороннем поражении если латерализация звука происходит в хуже слышащее ухо, то это указывает на поражение звукопроводящего аппарата (кондуктивная тугоухость) в этом ухе. Если латерализация звука происходит в лучше слышащее ухо, это указывает на поражение звуковоспринимающего аппарата (сенсоневральная тугоухость) с больной стороны. При двусторонней тугоухости различного генеза оценка диагностической ценности опыта Вебера бывает затруднительной.

**Опыт Швабаха (Sch)** — метод диагностики сенсоневральной и

кондуктивной тугоухости. Звучащий камертон С<sub>128</sub> устанавливают на сосцевидный отросток пациента. После того, как больной перестает воспринимать звук, камертон переставляют на сосцевидный отросток исследователя с заведомо хорошим слухом (сравнение костной проводимости у больного и здорового человека). При сенсоневральной тугоухости у пациента опыт **Sch укорочен** на определенное количество секунд, при кондуктивной тугоухости — опыт **Sch удлинен, в норме** — одинаковый (**Sch=**).

**Опыт Желе (G)** — метод выявления анкилоза подножной пластинки стремени при отосклерозе. Звучащий камертон С<sub>128</sub> устанавливают на сосцевидный отросток, воронкой Зигле или нажатием на козелок повышают давление воздуха в наружном слуховом проходе, в результате чего происходит вдавливание подножной пластинки стремени в нишу овального окна, и больной чувствует снижение интенсивности восприятия звука (опыт Желе положительный (**G+**) — норма). **При анкилозе стремени (отосклерозе) подножная пластинка стремени не смещается, и ослабления звука не происходит** (опыт Желе (**G-**) — отрицательный).

Результаты исследования слуха речью и с помощью камертонов заносят в предложенный В. И. Воячком слуховой паспорт (акуметрическую формулу). На рис. 1 представлен слуховой паспорт больного с острым гнойным средним отитом справа (кондуктивная тугоухость).

AD		AS
+	СШ	-
2 м	ШР	6 м
5 м	РР	>6 м
26 с	С <sub>128</sub> (воздух)	67 с
32 с	С <sub>128</sub> (кость)	33 с
21 с	С <sub>2048</sub>	34 с
-	R	+
←	W	
удлин. на 7 с	Sch	=

*Рис. 1.* Слуховой паспорт больного с острым гнойным средним отитом справа (кондуктивная тугоухость)

Акуметрическая формула: СШ (субъективный шум): «+» — наличие, «-» — отсутствие; восприятие ШР (шепотной речи), РР (разговорной речи), крика (при необходимости) указывают в метрах; при ШР = 6 м РР часто записывают >6 м; время восприятия звучащих камертонов записывают в секундах; опыты R и Sch указывают как «+» или «-»; опыт W «↔» или «↓» — при отсутствии латерализации, «←» или «→» — при наличии (в указанную сторону)

На рис. 2 представлен слуховой паспорт больной с острой сенсоневральной тугоухостью слева (поражение звуковоспринимающего аппарата).

AD		AS
-	СШ	+
6 м	ШР	1 м
>6 м	РР	3 м

68 с	C <sub>128</sub> (воздух)	32 с
34 с	C <sub>128</sub> (кость)	17 с
35 с	C <sub>2048</sub>	18 с
+	R	+
←	W	
=	Sch	укороч. на 14 с

Рис. 2. Слуховой паспорт больной с поражением звуковоспринимающего аппарата слева (сенсоневральной тугоухостью слева)

## Аудиометрия

Методы исследования слуха, основанные на применении в качестве генератора звуков электронной аппаратуры, носят название «аудиометрия». С психофизиологической точки зрения выделяют субъективную и объективную аудиометрию. При **субъективной аудиометрии** исходящий звук стандартизирован (по частоте и громкости), однако сам испытуемый оценивает: слышит он или нет. Существуют следующие разновидности субъективной аудиометрии: *тональная пороговая, речевая, тональная надпороговая, исследование слуховой адаптации, исследование слуха ультразвуком.*

### Тональная пороговая аудиометрия

**Тональная пороговая аудиометрия** предусматривает применение специального аппарата — аудиометра, который синтезирует звуки определенной частоты (стандартный диапазон: 125, 250, 500 Гц, 1, 2, 4, 8 кГц) и интенсивности (в децибелах (дБ)). Тональный аудиометр позволяет определять слуховые пороги путем воздушной и костной проводимости в более широком диапазоне частот и с большей точностью, чем при исследовании слуха камертонами. Под порогом слуха понимают наименьшую интенсивность звука, воспринимаемую здоровым ухом. Результаты исследования заносятся в специальный бланк, получивший название «аудиограмма», который является графическим изображением порога слуховых ощущений. На каждом бланке выстраивают два графика: первый — порог восприятия звука по воздушной проводимости (демонстрирует звукопроводение), второй — по костной (показывает звуковосприятие). По характеру пороговых кривых воздушной и костной проводимости, а также их взаимосвязи можно получить качественную характеристику слуха пациента. В норме обе кривые располагаются на уровне не более 10 Дб от изолинии и не более 10 Дб друг от друга (рис. 3, а).

Наличие на тональной пороговой аудиограмме разницы между уровнями порогов воздушной и костной проводимости (костно-воздушный интервал) расценивают как аудиологический симптом **кондуктивной тугоухости** (рис. 3, б).

При нарушении звуковосприятия (**сенсоневральная тугоухость**) повышается порог восприятия по воздушной и костной проводимости, при этом костно-воздушный разрыв практически отсутствует (рис. 3, в).

При **смешанном (комбинированном) поражении** повышается

порог восприятия по воздушной и костной проводимости при наличии костно-воздушного интервала (рис. 3, з).

В настоящее время созданы совершенные конструкции автоматических аудиометров, управление которыми осуществляется с помощью встроенных микропроцессоров.

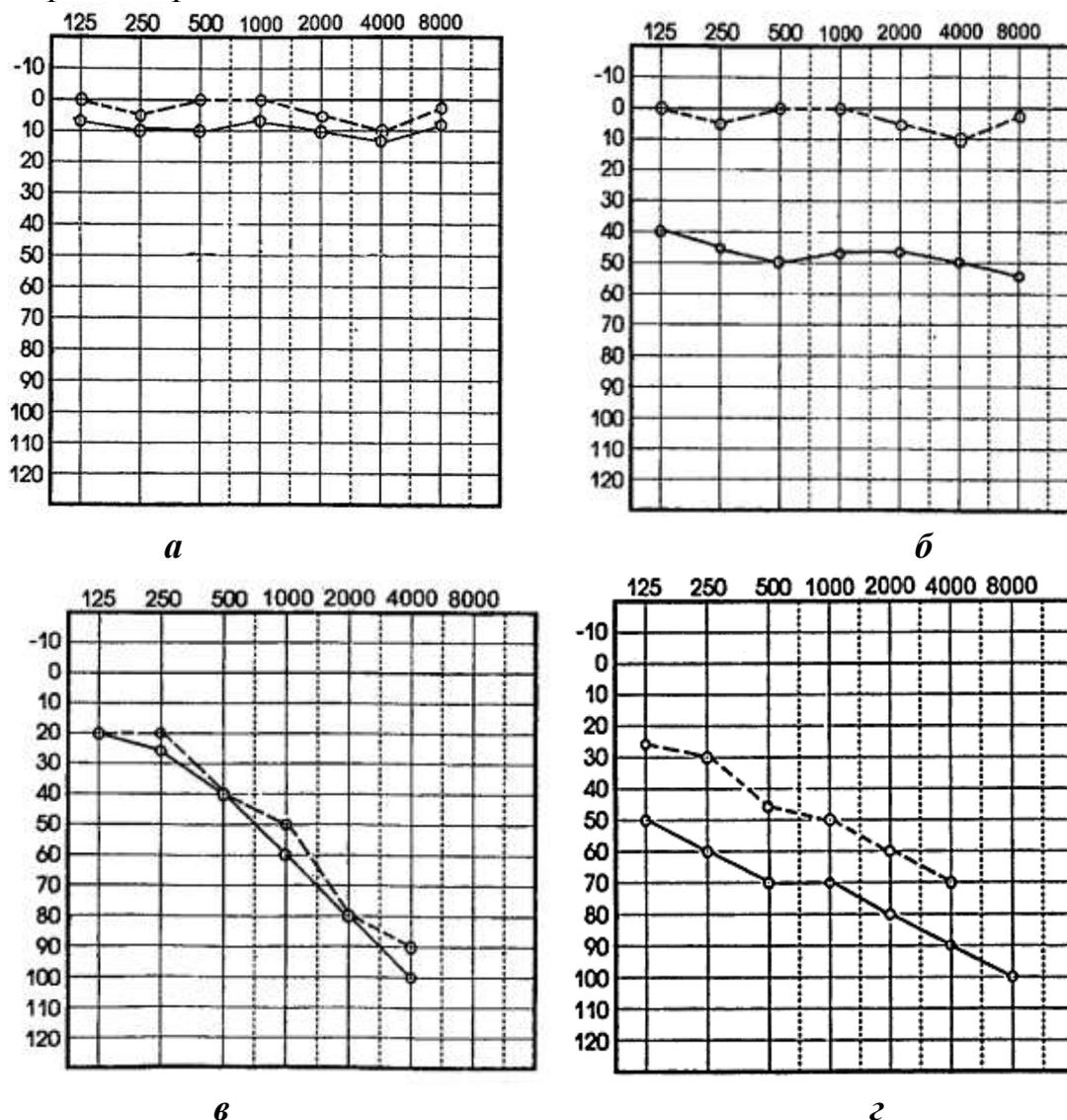


Рис. 3. Аудиограмма пациента:

*a* — в норме; *б* — с кондуктивной тугоухостью; *в* — с сенсоневральной тугоухостью; *з* — с комбинированной тугоухостью

### Речевая аудиометрия

Речевая аудиометрия позволяет выявить социальную адекватность слуха, основана на определении порогов разборчивости речи. Под разборчивостью речи понимают отношение числа правильных ответов к общему числу прослушанных, выраженное в процентах. Речевые аудиограммы регистрируют по двухкоординатной системе. По оси абсцисс отмечают интенсивность речевых стимулов в децибелах, а по оси ординат — разборчивость речи, т. е. процент правильно повторенных больным речевых стимулов. Таким способом строят кривую разборчивости речи (рис. 4).

Графики разборчивости речи отличаются при разных формах тугоухости, что имеет важное диагностическое значение.

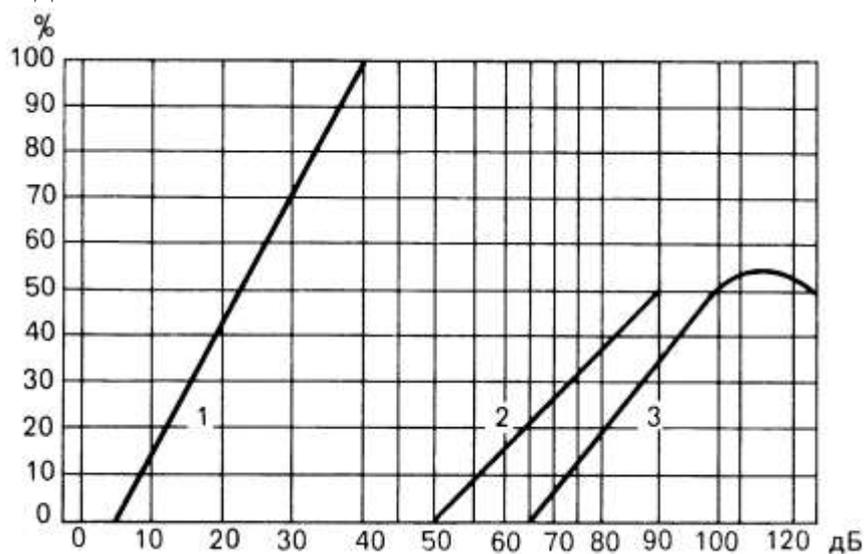


Рис. 4. Кривая разборчивости речи:  
1 — норма; 2 и 3 — сенсоневральная тугоухость

## ОБЪЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛУХА

Объективные методы исследования слуха используют при подозрении на психогенный характер глухоты, симуляцию, аггравацию, диссимуляцию и дизаггравацию, при интенсивном субъективном ушном шуме, а также у детей при наличии факторов риска (повышенной вероятности развития тугоухости или глухоты).

Объективное исследование слуха осуществляется посредством следующих методов:

1. Объективной (компьютерной) аудиометрии.
2. Акустической рефлексометрии.
3. Тимпанометрии.
4. Отоакустической эмиссии.
5. Безусловных рефлекторных реакций на звук.
6. Условных реакций на звук.

Результаты, получаемые при указанных методах исследования слуха, не зависят от желания пациента, регистрируются в большинстве случаев при помощи специальной аппаратуры.

### Объективная (компьютерная) аудиометрия

Объективная (компьютерная) аудиометрия основана на регистрации биоэлектрических импульсов (слуховых вызванных потенциалов), распространяющихся в проводящих путях и центральном отделе слухового анализатора. Регистрация импульсов осуществляется посредством электродов, расположенных на поверхности черепа (электроэнцефалограмма). У детей объективная аудиометрия проводится в состоянии медикаментозного

сна, у взрослых — при бодрствовании.

В ответ на звуковые щелчки (звуковые стимулы малой продолжительности — до 1 мс) возникают коротколатентные слуховые вызванные потенциалы (КСВП) — импульсы, дающие информацию о функции проводящих путей и подкоркового отдела слухового анализатора (преддверно-улитковый нерв, улитковые ядра, ядра оливы, латеральная петля, четверохолмие).

В ответ на более продолжительные, имеющие определенную частотную характеристику, звуковые стимулы возникают длиннолатентные слуховые вызванные потенциалы (ДСВП), дающие информацию о состоянии коркового отдела слухового анализатора.

Таким образом, объективная аудиометрия позволяет не только реально оценить состояние слуха, но и при его нарушении определить локализацию патологического процесса.

### **Акустическая рефлексометрия**

Расположенные в барабанной полости мышцы (стременная; мышца, напрягающая барабанную перепонку) выполняют защитную функцию. При их напряжении происходит ограничение амплитуды движения слуховых косточек, что защищает структуры внутреннего уха от повреждения. В ответ на интенсивную звуковую стимуляцию возникает рефлекторный импульс, который приводит к сокращению мышц барабанной полости. В норме порог акустического рефлекса (момент сокращения стременной мышцы, регистрируемый при помощи специальной аппаратуры) на 80 дБ превышает индивидуальный порог чувствительности. Таким образом, определив порог акустического рефлекса у конкретного пациента можно рассчитать (вычитая 80 дБ) порог индивидуальной чувствительности. При кондуктивной тугоухости, повреждении слухового нерва, патологии ствола или ядер лицевого нерва акустический рефлекс отсутствует на стороне поражения.

### **Тимпанометрия**

Тимпанометрия основана на регистрации акустического сопротивления, которое встречает звук при распространении по структурам системы наружного, среднего и внутреннего уха, при различном давлении воздуха в наружном слуховом проходе (обычно при амплитуде давления от +200 до – 400 мм водного столба). Изменение акустического сопротивления в зависимости от давления отображается в графическом виде (тимпанометрическая кривая, которая носит название «тимпанограмма»). Различные типы тимпанограмм указывают на состояние среднего уха (рис. 5).

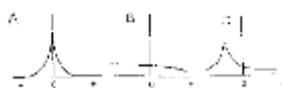


Рис. 5. Тимпанограммы:

*a* — норма; *b* — экссудативный отит; *c* — дисфункция слуховой трубы (тубоотит)

### **Отоакустическая эмиссия**

Кроме восприятия внутреннее ухо способно издавать звуки за счет колебания волосковых клеток. Регистрация исходящих от внутреннего уха звуков при помощи специальной высокочувствительной аппаратуры получило название «регистрация отоакустической эмиссии». Интенсивность и частотный спектр исходящих сигналов различен при разнообразных патологических состояниях лабиринта. В зависимости от условий регистрации различают спонтанную и вызванную отоакустическую эмиссию. Спонтанная отоакустическая эмиссия регистрируется без звуковой стимуляции уха, является отражением преимущественно состояния наружных волосковых клеток органа Корти. Вызванная отоакустическая эмиссия регистрируется после стимуляции и отражает способность рецепторного аппарата внутреннего уха реагировать на физиологические раздражители.

### **Безусловные рефлекторные реакции на звук**

Суть реакций состоит в сокращении мышечной ткани в ответ на интенсивный звуковой стимул. Различают соматические и вегетативные безусловные реакции. При соматической реакции сокращается поперечно-полосатая мышечная ткань (скелетная мускулатура): человек вздрагивает, наблюдается закрывание век (ауропальпебральный рефлекс). При вегетативной реакции сокращается гладкая мускулатура, что приводит к расширению зрачка (ауропупиллярный рефлекс). Сосудистая реакция заключается в изменении тонуса гладкой мускулатуры стенки сосудов в ответ на интенсивное звуковое раздражение (регистрируемое при помощи плетизмографии). Кожно-гальванический рефлекс проявляется в изменении разности потенциалов между участками кожи вследствие звукового раздражения.

### **Условные реакции на звук**

Условные реакции на звук заключаются в выработке условно-двигательной реакции у ребенка в ответ на звуковые раздражители, при этом используется метод игровой аудиометрии. Исследование осуществляют по принципу выработки условного рефлекса, когда на звуковой сигнал ребенок отвечает двигательной реакцией — нажатием кнопки. Эта кнопка либо от проекционного аппарата, когда при нажатии на нее появляется картинка на экране, либо от детского аудиометра Я. Лесака, принцип действия которого заключается в том, что ребенок нажатием кнопки «помогает высвободиться из «заколдованного» домика» людям, животным и др. лишь тогда, когда их крик будет слышен в наушниках, одетых на уши ребенка. Когда у ребенка синхронно с восприятием звука определенной интенсивности имеется условно-двигательная реакция, переходят к отработке двигательной реакции на звук более слабый, определяя самую низкую

пороговую величину, воспринимаемую ребенком.

Существуют и более упрощенные методы игровой аудиометрии.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ СТЕПЕНИ СНИЖЕНИЯ ОСТРОТЫ СЛУХА**

Описанные методы исследования слуха позволяют распознать степень тугоухости, характер, локализацию поражения слухового анализатора.

Международная классификация степени тугоухости (классификация ВОЗ), основанная на усредненных значениях порога восприятия звука на речевых частотах (500, 1000, 2000, 4000 Гц), представлена в таблице.

*Таблица*

**Классификация ВОЗ степени тугоухости**

Степень тугоухости	Среднее значение порога восприятия звука на речевых частотах, Дб
I	26–40
II	41–55
III	56–70
IV	Более 71

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гапанович, В. Я. Оториноларингологический атлас / В. Я. Гапанович, В. М. Александров. Минск : Вышэйшая школа, 1989. 239 с.
2. Пальчун, В. Т. Оториноларингология : учеб. / В. Т. Пальчун, М. М. Магомедов, Л. А. Лучихин. М. : ГЕОТАР-Медиа, 2008. 656 с.
3. Садовский, В. И. Оториноларингология : практикум / В. И. Садовский, А. В. Черныш. Гомель : ГГМУ, 2006. 203 с.
4. Солдатов, И. Б. Лекции по оториноларингологии : учеб. пособие / И. Б. Солдатов. М. : Медицина, 1994. 288 с.
5. Хоров, О. Г. Избранные вопросы отологии : учеб. пособие / О. Г. Хоров, В. Д. Меланьин. Гродно : ГрГМУ, 2007. 160 с.
6. Шеврыгин, Б. В. Справочник по оториноларингологии / Б. В. Шеврыгин, Т. П. Мчелидзе. М. : Ариант, 1998. 448 с.