

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ, СОКРАЩЕНИЙ И АББРЕВИАТУР	8
ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИМПЕДАНСОМЕТРИИ.	9
Психофизические методы оценки функции среднего уха на основе изменений громкости в результате изменений давления воздуха в наружном слуховом проходе	9
Объективные методы оценки функции среднего уха на основе изменений проводимости среднего уха в результате изменений давления воздуха в наружном слуховом проходе	11
ГЛАВА 2. ТИМПАНОМЕТРИЯ	
Общие понятия импедансометрии	30
Тимпанометрия – устройство прибора и методика проведения исследования	30
Классификация тимпанометрических кривых	34
Критерии оценки тимпанометрических кривых	35
ГЛАВА 3.	
ТИМПАНОМЕТРИЯ У ДЕТЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП .	37
Тимпанометрия у детей раннего возраста	37
Тимпанометрия у детей дошкольного возраста	43
ГЛАВА 4.	
ТИМПАНОМЕТРИЧЕСКИЕ КРИВЫЕ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ .	48
Цель тимпанометрии и «трудные» диагностические ситуации	48
Тимпанограммы тип А по J. Jerger	49
Тимпанограммы тип Ad по J. Jerger	83
Тимпанограммы тип As по J. Jerger	94
Тимпанограммы тип B по J. Jerger	99
Тимпанограммы тип C по J. Jerger	116
Неклассифицируемые тимпанометрические кривые	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	122
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	125

ГЛАВА 2. ТИМПАНОМЕТРИЯ

Общие понятия импедансометрии

Современные импедансометры измеряют акустический адмиттанс – понятие, обратное акустическому импедансу – легкость прохождения звуковой волны через систему уха. Акустический адмиттанс выражается в Mo ($mmho$) – величина, обратная Omu (ohm). Величины адмиттанса в аудиологии невелики, поэтому на практике используются милли- Mo ($mmho$) [8,15].

В большинстве современных диагностических приборов (импедансные аудиометры, анализаторы среднего уха) измеряется именно адмиттанс. Американским национальным институтом стандартов (ANSI) в употребление был введен собирательный термин «иммиттанс», объединяющий различные акустические измерения, регистрируемые в НСП человека. Термин иммиттанс образован из двух производных: ИМПЕДАНС и АДМИТТАНС. Понятие «иммиттанс» характеризует прохождение энергии через систему и является общим термином для импеданса и адмиттанса (или их компонентов), объединяя эти понятия. Иммиттанс не имеет единицы измерения, потому что одновременно относится и к сопротивлению, и к податливости, которые измеряются по-разному [47].

Современные возможности импедансометрии велики. Это, помимо тимпанометрии (единичным зондирующим тоном или многочастотной), акустическая рефлексометрия (определение порога рефлекса в ответ на акустическую и неакустическую стимуляцию), исследование функции слуховой трубы (при интактной и перфорированной барабанной перепонке) и ряд специальных методов – тест распада акустического рефлекса, ARLT (измерение латентности акустического рефлекса), сенсбилизация акустического рефлекса, тест для выявления фистулы лабиринта (с видеонистагмографией) [8, 48]. При этом метод акустической импедансометрии постоянно развивается.

Тимпанометрия – устройство прибора и методика проведения исследования

Впервые использовал термин «тимпанометрия» использовал Кнуд Теркильдсен в 1964 году для описания эффекта давления в наружном слуховом проходе на импеданс [49].

Тимпанометрия – непрерывная регистрация динамики изменения податливости (проводимости) системы среднего уха в процессе искусственно создаваемого дозированного перепада давления воздуха в НСП. Иммит-

тансный прибор принципиально состоит из воздушного насоса, зонда с датчиками, микрофона и манометра. Зондовый тон непрерывно подается в ухо через зондовые усилители, и акустический иммиттанс уха анализируется путем мониторингирования уровня звукового давления зондового тона в НСП при использовании зондового микрофона (рис. 27).

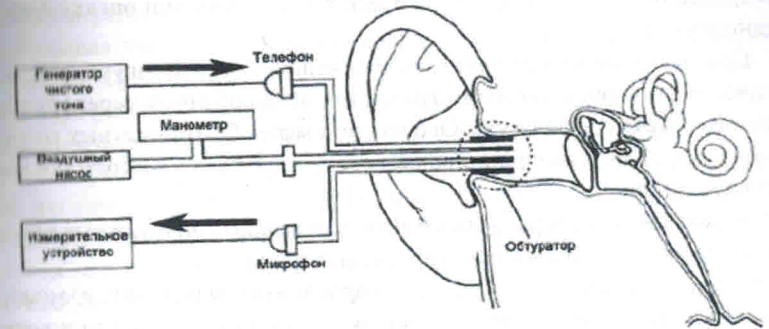


Рис. 27. Схема устройства зонда импедансометра

Зонд прибора имеет три трубки:

1. Генератор зондового тона – отградуированная и регулируемая электроакустическая система, состоящая из генератора звука, аттенюатора и звукового излучателя для подачи в наружный слуховой проход звуковых сигналов.
2. Микрофон, на который поступает отраженный от барабанной перепонки звук – отградуированная электроакустическая система, измеряющая звуковое давление в наружном слуховом проходе после предъявления звукового сигнала.
3. Изменение давления в наружном слуховом проходе – калиброванный воздушный насос, варьирующий точно измеряемое давление воздуха в наружном слуховом проходе.

Параметры тимпанометрии:

1. Давление варьирует в пределах от +200 до +600 мм водного столба у разных производителей
2. Зондирующий тон
 - частота 226, 678, 800, 1000 Гц или набор частот при многочастотной тимпанометрии
 - интенсивность – ниже порога рефлекса стременной мышцы, величина постоянная

Интересно, что частота 220 Гц для «зондирующего тона» была выбрана Теркильдсенем и Скотт-Нильсенем в какой-то степени случайно. Предпочтение было отдано низкочастотному пробному тону, потому что микрофоны в то время были нелинейными на высоких частотах, уровень этого зондирующего тона можно было увеличить, не вызывая акустический рефлекс. Другими словами, выбор частоты 220 Гц для тонального сигнала был сделан без учета его диагностического значения при оценке функции среднего уха [39].

При оптимальных для слуха условиях прохождения звука, небольшое количество звуковой энергии отражается от барабанной перепонки – начального отдела среднего уха. Однако, при менее благоприятных условиях, большая часть поставляемого зондового тона отразится обратно в зондовый микрофон.

Системный ответ на входящий звук определяют три основных качества: жесткость (комплианс, упругость), масса и трение.

Жесткость элементов включает барабанную перепонку и мембрану круглого окна, связки слуховых косточек, мышцы среднего уха и воздух в наружном слуховом проходе и в среднем ухе. Жесткость обратно пропорциональна податливости.

Масса элементов включает косточки и воздух в воздухоносных ячейках сосцевидного отростка среднего уха, движущиеся как целое без сжатия и расширения. Трение – это причина потери энергии через рассеивание при нагревании. Все реальные механические системы включают трение. Потеря энергии через трение происходит тогда, когда молекулы в движении сталкиваются и трутся друг о друга [8].

Частота звука влияет на компонент жесткости и массы. Наибольшее влияние прослеживается в области высоких частот, так как оказываемое массой сопротивление повышается с повышением частоты, в то время как жесткость обратно пропорциональна частоте. Различные структуры среднего и внутреннего уха оказывают влияние на компоненты массы, жесткости и трения. Так, в частности, было доказано, что улитка оказывает большее влияние на компонент трения и меньшее на жесткость и массу, а слуховые косточки в значительной степени определяют компонент массы [15, 50]. Для диагностики заболеваний среднего уха, повышающих массу системы, используют высокочастотные зондирующие тоны 678 Гц и выше, а для оценки характеристик жесткости среднего уха достаточно низкочастотного тона 226 Гц [8, 15, 33, 48, 51].

В ухе взрослого человека преобладает компонент жесткости. Резонансная частота уха находится в диапазоне между 650 и 1400 Гц. Поэтому при проведении тимпанометрии у взрослых нужно использовать зондирую-

щий тон 226 Гц, так как он находится вне резонансной частоты. Эффект массы и трения может быть игнорирован.

Методика проведения тимпанометрии состоит в следующем:

- Наружный слуховой проход герметично закрывается ушной насадкой
 - Подается звук – зондирующий тон, который вызывает вибрацию барабанной перепонки
 - Большая часть звуковой энергии проходит в барабанную полость, меньшая отражается.
 - Микрофон регистрирует уровень звукового давления, отраженный от барабанной перепонки и стенок наружного слухового прохода.
 - Регистрация уровня звукового давления происходит на фоне постепенно изменяемого давления воздуха в наружном слуховом проходе.
- Результатом тимпанометрии является тимпанограмма (рис. 28). С клинической точки зрения это графическое представление информации о:
- свободе движения барабанной перепонки, цепи слуховых косточек, окон лабиринта и перилимфы
 - о давлении в барабанной полости

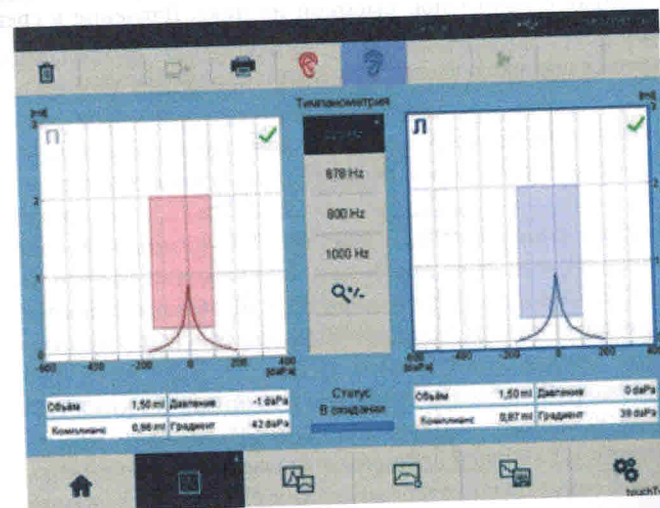


Рис. 28. Тимпанограмма на мониторе прибора

Горизонтальная ось показывает разность давлений по обе стороны барабанной перепонки, вертикальная ось – подвижность (акустическую проводимость) системы уха.

Классификация тимпанометрических кривых

Самая популярная из всех существующих классификаций тимпанограмм (но не единственная) – это классификация Джеймса Джергера. Она морфологическая, то есть она основана на анализе формы и положения пика тимпанограммы (рис. 29).

Конфигурации тимпанограмм по James Jerger

- А – хорошо выраженный пик, расположенный в области давления $+50$ даПа для взрослых. Для детей давление среднего уха может считаться нормальным до -150 даПа.
- В – плоская кривая, иногда немного повышающаяся в сторону отрицательного давления, без определяемого пика, низкая податливость, высокая жесткость. Давление в среднем ухе неизвестно.
- С – смещение пика в сторону отрицательных давлений больше чем на 50 даПа для взрослых и более 150 даПа для детей.
- Ad – тимпанограмма с большой величиной максимальной податливости (>2.5 mmhos). Пик тимпанограммы очень высокий и может быть за пределами шкалы прибора или бланка тимпанограммы.
- As – уплощенный вид, снижена амплитуда зубца и сглаженный пик, при том же давлении что и при тимпанограмме А.
- D – кривая с небольшой выемкой на пике. Давление в среднем ухе $+100$ даПа.
- E – кривая широкая, часто с множественными выемками.

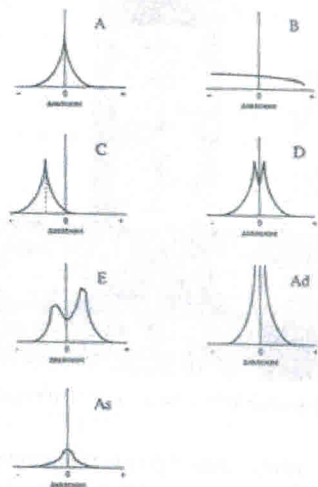


Рис 29. Конфигурации тимпанограмм по James Jerger

Критерии оценки тимпанометрических кривых

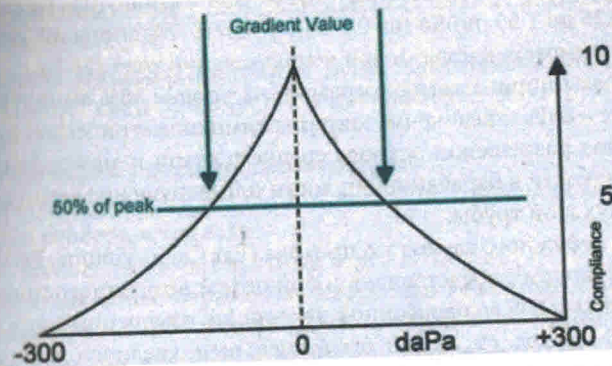


Рис. 30. Тимпанограмма и ее параметры

Существуют качественные (морфология) и количественные характеристики тимпанограммы. Их обозначение и критерии оценки могут различаться в зависимости от производителя регистрирующей аппаратуры. При оценке тимпанометрической кривой используются следующие критерии (рис.30):

- Общий контур (конфигурация) тимпанограммы. На форму тимпанограммы влияют следующие факторы: скорость изменения давления в наружном слуховом проходе (чем медленнее, тем точнее), направление изменения давления в наружном слуховом проходе, границы изменения давления, чувствительность регистрирующего устройства, частота зондирующего тона.
- Форма тимпанометрического пика. Тимпанограмма в норме должна иметь один острый пик. Двойной пик может быть при рубцовой измененной барабанной перепонке, однако тимпанограмму нужно повторить, чтобы исключить артефакт. Сглаженный пик также не считается нормальным.
- Пиковое давление – это значение на горизонтальной оси тимпанограммы, при которой возникает пик податливости. Выражается в даПа. Давление в НСП, при котором достигается максимальная податливость структур среднего уха (непрямой показатель давления в барабанной полости). Нормальное давление в среднем ухе соответствует атмосферному давлению, которое для удобства принимается за ноль.
- Величина максимальной податливости (адмиттанс, комплианс, высота пика тимпанограммы) – величина по вертикальной оси. Выявляется, когда давление в барабанной полости и в НСП выравнивается. Характеризует степень податливости системы среднего уха, зависимость прямая. Выражается

ГЛАВА 4. ТИМПАНОМЕТРИЧЕСКИЕ КРИВЫЕ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Цель тимпанометрии и «трудные» диагностические ситуации.

Зададим себе еще раз вопрос – зачем нужно проводить тимпанометрию? Самый частый ответ, который можно услышать – дифференциальная диагностика патологии среднего и внутреннего уха.

Причины патологии в системе среднего уха хорошо известны:

- Изменение состояния барабанной перепонки (утолщение, истончение, рубцы, перфорация)
 - Врожденные аномалии развития среднего уха (изменение размеров и формы барабанной полости, отсутствие или удвоение слуховой трубы)
 - Содержимое в барабанной полости (экссудат, ликвор, слизь, кровь, спайки, холестеатома)
 - Патологические состояния слуховых косточек – врожденные аномалии, нарушение подвижности (анкилоз), деструкция, травматические вывихи и переломы, атрофические изменения
 - Патология окон лабиринта – изменение их размеров и плотности, врожденная облитерация, фиксация стремени или закрытие круглого окна очагом отосклероза
 - Патология сухожилия стремени – укорочение, оссификация
 - Изменения мышц среднего уха и их иннервации (миастения)
 - Аберрантные сосуды в барабанной полости (внутренняя сонная артерия), персистенция стремени артерии, высокое стояние луковицы яремной вены
 - Новообразования среднего уха (доброкачественные, злокачественные, сосудистые)
 - Эндауральная мозговая грыжа (пролапс твердой мозговой оболочки)
 - Нарушение функции слуховой трубы (проходящее или стойкое)
 - закрытие просвета (аденоиды, аневризма внутренней сонной артерии)
 - зияние
 - рефлюкс-дисфункция
- Казалось бы, чтобы исключить патологию в среднем ухе, надо получить тимпанограмму типа А.
- Тимпанометрии, как известно, должна предшествовать отоскопия. Представим себе на приеме пациента с жалобами на снижение слуха на одно или оба уха. Проведя отоскопию, в ряде случаев мы можем увидеть отоскопическую картину, указывающую на явные проблемы в среднем ухе (втяжение, выпухание, деформация барабанной перепонки, экссудат или гематотимпанум, холестеатома за барабанной перепонкой). В таких

ситуациях наличие по крайней мере нарушения звукопроводения у данного пациента сомнений не вызывает и тимпанограмму типа А мы не ожидаем.

В других случаях мы видим нормальную отоскопическую картину. С учетом того что пациент пришел с жалобами на слух, первая мысль, которая приходит в голову – у пациента сенсоневральная тугоухость. И здесь врач ожидает несколько «трудных» диагностических ситуаций:

1. Отоскопия – нормальная барабанная перепонка. Тимпанограмма тип А. Кажется, что должна быть сенсоневральная тугоухость. Но пациент жалуется на чувство полноты, заложенности в ухе, аутофонию, что не позволяет исключить локализацию патологии в структурах среднего уха.
2. Отоскопия – нормальная барабанная перепонка. Тимпанограмма тип А. Мы ожидаем сенсоневральную тугоухость, но на тональной пороговой аудиограмме (ТПА) имеется костно-воздушный интервал (КВИ).
3. Отоскопия – нормальная барабанная перепонка. Но тимпанограмма – неожиданно – тип В (при этом наконечник зонда не забился серой, прибор исправлен).
4. Отоскопия – нормальная барабанная перепонка. Но тимпанограмма трудна для интерпретации – необычной конфигурации и не укладывается в классификацию Джергера (при этом мы проверили состояние зонда и сделали тимпанограмму себе для контроля).

Тимпанограмма тип А по Jerger

Когда мы можем получить тимпанограмму типа А по классификации Jerger?

Для начала перечислим общеизвестные ситуации:

- При норме слуха и отсутствии жалоб у пациента
- При сенсоневральной тугоухости (острой, хронической, кохлеарной, ретрокохлеарной, и при центральных нарушениях слуха)
- При отосклерозе. Факт, что нормальная тимпанограмма может присутствовать у пациентов с отосклерозом, а высота тимпанометрических кривых не позволяет делать выводы о степени поражения среднего уха, известен давно. Интересно, что наличие тимпанограммы типа А при отосклерозе рассматривалось как «ошибка тимпанометрии» [62]. Н. Wurzer и К. Schorn выявили, что при отосклерозе в 95% случаев наблюдается симметричная тимпанограмма типа А и ее амплитуда не отличается от стандартных значений. Это означает, что отосклероз не коррелирует со сниженной высотой тимпанометрической кривой [63]. Возможные объяснения этому факту – начало заболевания или когда тугоподвижность цепи слуховых косточек компенсирована дряблостью барабанной перепонки.

• При персистенции миксоидной ткани или при экссудативном среднем отите у детей первых месяцев жизни мы можем получить тимпанограмму типа А, если будем использовать для тимпанометрии зондирующий тон 226 Гц.

• При остаточных явлениях тубоотита у взрослых, когда вид перепонки уже нормальный, а жалобы на заложенность уха еще сохраняются.

Также тимпанограмму типа А мы можем получить во многих других случаях при локализации патологии в системе среднего уха. Это явление можно определить термином «скрытая кондуктивная тугоухость», когда тимпанограмма типа А маскирует наличие проблемы в среднем ухе.

Рассмотрим причины скрытой кондуктивной тугоухости.

1. Синдром зияющей слуховой трубы

Это менее известное чем другие варианты дисфункции слуховой трубы (обструктивная и рефлюкс-дисфункция) состояние, при котором слуховая труба остается открытой в течение длительного времени или постоянно (рис.42).



Рис.42. Зияющие слуховые трубы у пациентки 30 лет, после резкого снижения веса после посещения криосауны, на фоне приема препаратов, блокирующих овуляцию.

Симптомы при синдроме зияющей слуховой трубы тягостные и сильно снижают качество жизни пациента. В первую очередь это так называемые симптомы гиперречевого резонанса – аутофония (резонанс собственного голоса в пораженном ухе, симптом «человека в бочке») и гиперакузия к собственному голосу (пациент непроизвольно избегает произносить некоторые звуки (н), что делает речь невнятной) и к окружающим звукам. Также имеются такие раздражающие слуховые симптомы как тимпанофония (пациент слышит свое дыхание при носовом дыхании), шум в ухе (пульсирующий или синхронный с дыханием), ощущение хруста, грохота, треска в ушах. Пациенты испытывают постоянный дискомфорт от экзотичных

ощущения полноты, отека, давления в ухе и ощущения движений барабанной перепонки при дыхании. Также может беспокоить головокружение и нарушение равновесия.

Причины зияния слуховой трубы:

• Уменьшение количества жировой ткани в области тубарной ямки, как правило, вследствие быстрой и значительной потери веса (в среднем около 30 кг, но у изначально худых людей и меньше) по различным причинам, например, хирургические операции на желудке с целью похудения [64, 65], нервная анорексия у девушек-подростков [66]. Мы наблюдали худощавую женщину, у которой зияние слуховых труб возникло после посещения криосауны с целью похудения и улучшения состояния кожи (рис. 42).

• У женщин – повышение уровня эстрогенов в крови (прием контрацептивов, блокирующих овуляцию, беременность) [67, 68].

• Истончение слизистой оболочки (хронический атрофический назофарингит, сальпингит, перенесение карциномы носоглотки с облучением) [69].

• Нарушение эластичности хряща (аутоиммунные заболевания, например, рецидивирующий полихондрит) [70].

• Нейромышечные заболевания (боковой амиотрофический склероз) [71].

• Аномальная активность паратубарных мышц (tensor и levator veli palatini, m.salpingofaringeus).

• Повышенная тревожность, стресс.

• У недоношенных и незрелых детей [72].

Диагностика при синдроме зияющей слуховой трубы:

Отоскопия. Для синдрома зияющей слуховой трубы характерны движения барабанной перепонки, синхронные с дыханием или глотанием. Однако они могут быть незамечены или вообще отсутствовать, поэтому во многих случаях диагноз пропускается.

Отмечено, что у некоторых пациентов с патологическим движением барабанной перепонки при дыхании нет симптомов и жалоб, вызывающих подозрение на наличие зияющей слуховой трубы, а у других пациентов, с тягостными симптомами этого состояния нет признаков движения барабанной перепонки при дыхании. Причина этого остается неизвестной [67].

Видеоэндоскопия носоглотки является золотым стандартом в диагностике этого состояния. Однако надо помнить, что зияние может быть постоянным или периодическим, то есть отсутствовать на момент проведения эндоскопии.

Тимпанограммы могут быть тип А. Эта та первая «трудная» диагностическая ситуация, когда мы видим нормальную барабанную перепонку,

нормальную тимпанограмму, а пациент предъявляет жалобы, предполагающие наличие патологии структурах среднего уха.

Тональная пороговая аудиометрия. Пороги слуха в норме или могут присутствовать минимальная кондуктивная тугоухость с небольшим КИИ на низких частотах.

КТ височных костей с функциональными пробами проводится не только для того, чтобы оценить состояние слуховой трубы, но и для выявления патологии внутреннего уха, которая может вызывать похожие жалобы (дегисценция полукружного канала (в том числе синдром Миннора), каротидно-кохлеарная дегисценция, кохлеарно-лицевая дегисценция, перилимфатическая фистула).

Необходимо помнить, что поражение может быть одностороннее или двустороннее и диагноз может быть замаскирован другой патологией среднего уха. Характерные для синдрома зияющей слуховой трубы симптомы могут появиться после лечения более явной патологии (например, восстановление хронической перфорации барабанной перепонки, стапедопластика по поводу отосклероза, удаление холестеатомы) [73].

Пациентам с синдромом зияющей слуховой трубы облегчают состояние следующие ситуации: воспаление верхних дыхательных путей, посещение бассейна с хлорированной водой, лежачее положение, ипсилатеральная компрессия внутренней яремной вены [74], уменьшение физической нагрузки, дыхание с открытым ртом и дыхание при положении головы между коленей.

Лечение синдрома зияющей слуховой трубы проводится с учетом ее этиологии – набор веса на 3 кг и более (если было резкое похудание), отказ от контрацептивов, блокирующих овуляцию (если принимаются), спокойный эмоциональный фон. Рекомендуются обильное питье, соленая пища, отказ от самопродувания (фыркаться носом).

В качестве начального лечения возможно закапывание физиологического раствора [75] или гипотонического спрея салин 0.65%, который способствует увлажнению, набуханию слизистой оболочки и улучшению ее трофики.

При аномальной активности мышц мягкого неба, некоторые авторы предлагают инъекции ботулотоксина тип А в мышцы мягкого неба [76].

Интересен метод лечения, при котором папиросная бумага помещается в наиболее подвижные квадранты барабанной перепонки [77]. Предполагается, что бумажные пластыри увеличивают жесткость барабанной перепонки, тем самым уменьшая ее пропускную способность для низко- и среднечастотных звуков, и соответственно снижая эффект заложности уха [78].

В случае неэффективности консервативных методов лечения, возможно проведение различных оперативных вмешательств в области устья слуховой трубы.

3. Врожденные аномалии развития среднего уха

Клинический случай. Мальчик Н., от 1 беременности, протекавшей нормально, 1 срочных самостоятельных родов. В роддоме не прошел ОАЭ скрининг на левое ухо. При осмотре – ушная раковина слева несколько асимметрична (рис.43), наружные слуховые проходы свободные, барабанные перепонки обозримы с обеих сторон, без особенностей. Отмечается легкая асимметрия лица за счет скошенности угла нижней челюсти слева. Другие органы и системы без патологии.



Рис. 43. Правое и левое ухо ребенка Н. Слева – выступание противозавитка.

При обследовании у сурдолога в возрасте 4 месяцев – тимпанограммы – тип А оба уха, КСВП – слева V пик визуализируется при интенсивностях от 60 дБ, справа – прослеживается до 20 дБ нПС. На основании этих данных сурдолог делает заключение о наличии у ребенка левосторонней сенсоневральной тугоухости 3 степени. В связи с некоторой асимметрией лица ребенок был направлен к неврологу, который назначил КТ височных костей.

КТ височных костей – слева КТ картина костной облитерации овального окна преддверия, дисплазии цепи слуховых косточек, утолщения ножек стремени, сужения канала лицевого нерва (рис.44, 45). Справа КТ картина без патологии (рис 46).