

Стратегическое использование отоакустической эмиссии у детей

Carolina Abdala

Профессор отоларингологии
Медицинский факультет
Университета Южной Калифорнии

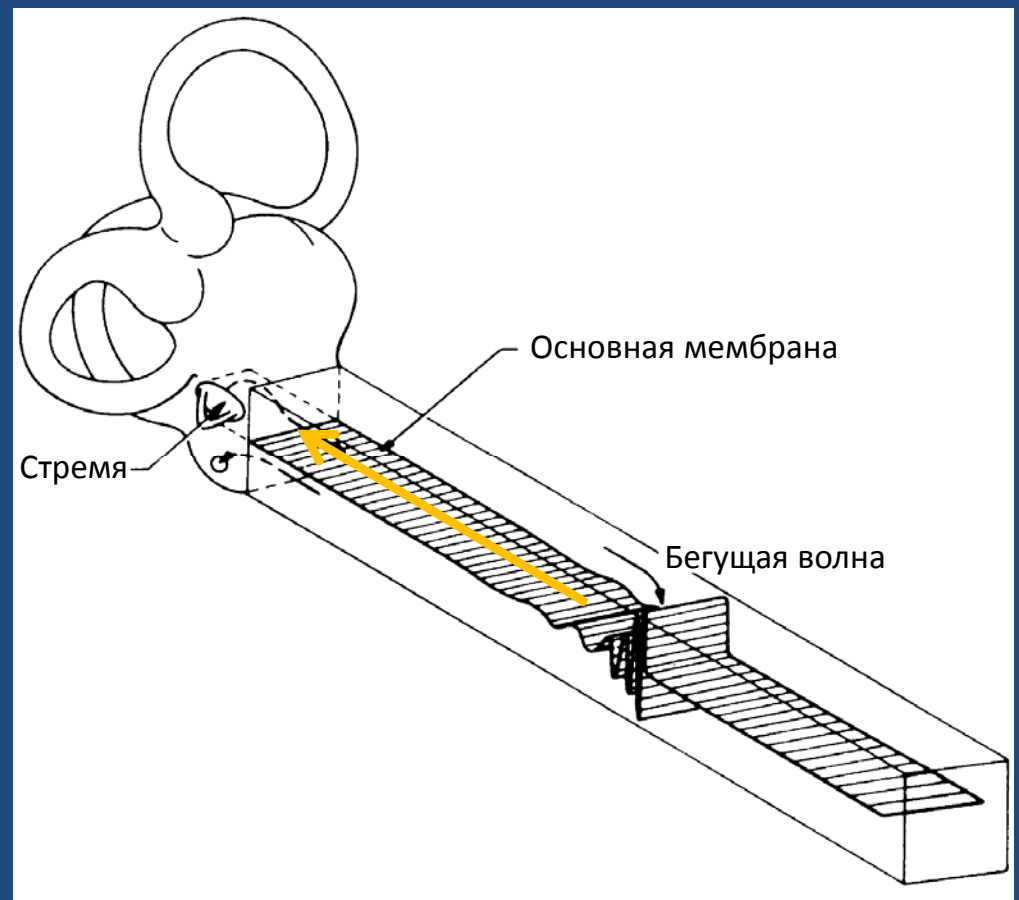
ОСНОВЫ...

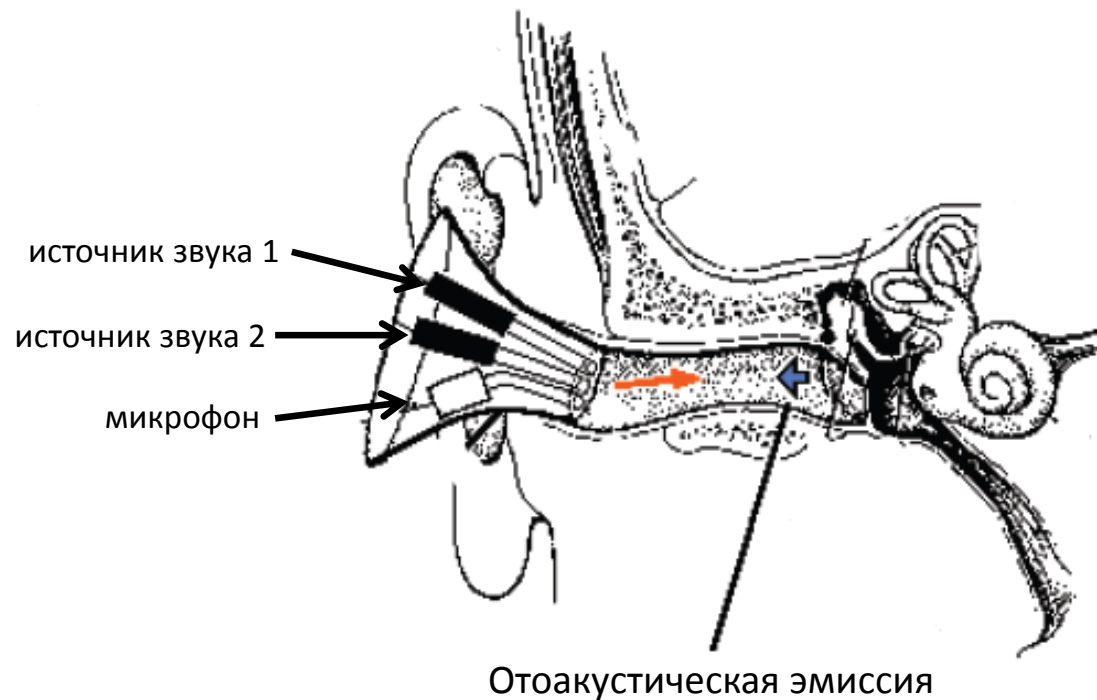
Что такое отоакустическая эмиссия (ОАЭ)?

Низкоуровневые звуки, возникающие в улитке как побочный продукт механических и трансдукционных процессов

Колебания ОАЭ распространяются в обратном направлении – из улитки в слуховой проход, где и улавливаются микрофоном.

Наличие ОАЭ подразумевает нормальную или близкую к нормальной функцию наружных волосковых клеток (НВК), являющихся основным компонентом "улиткового усилителя".





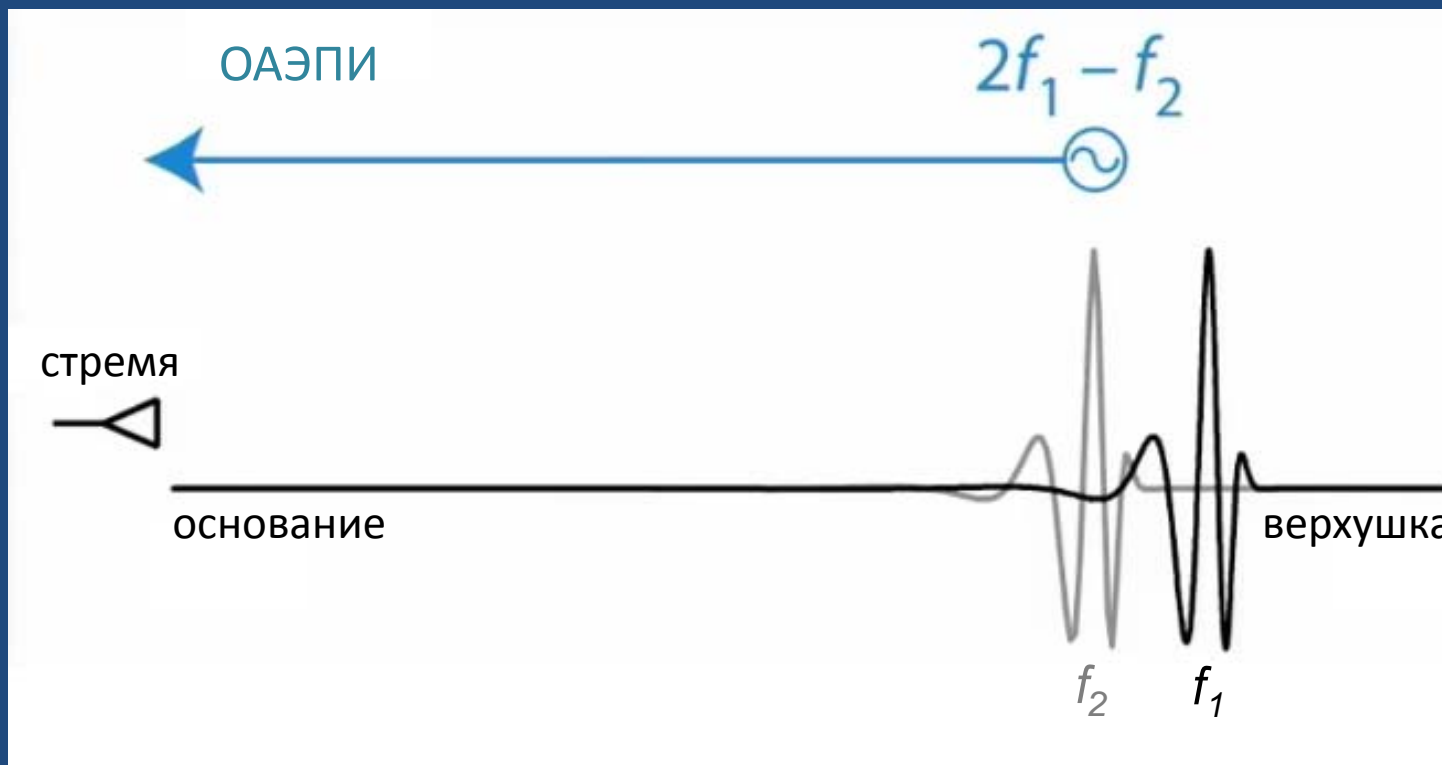
Для регистрации ОАЭ необходимы источник(и) звука и микрофон, а также усилитель, фильтр и система обработки сигнала.

Вначале предполагали, что все разновидности ОАЭ похожи друг на друга и взаимозаменяемы

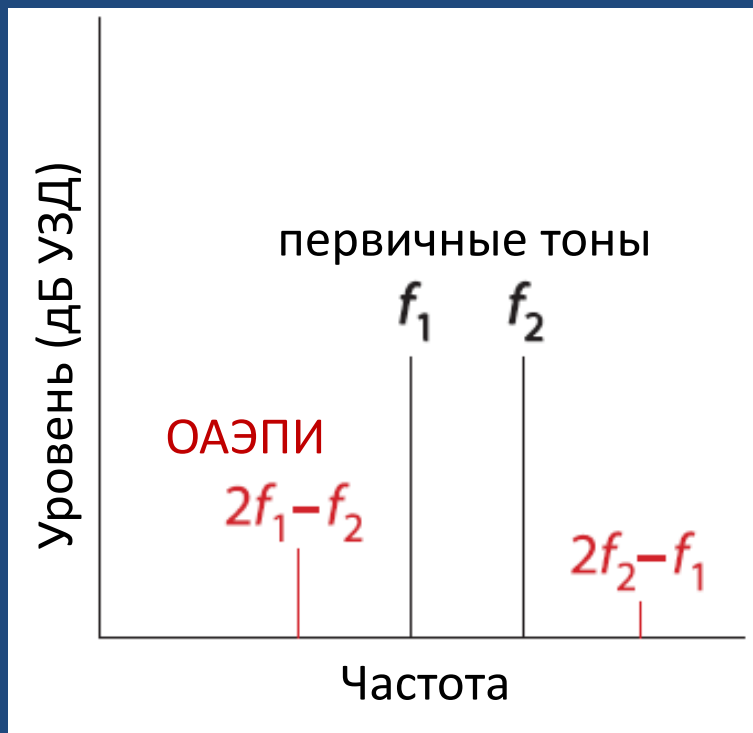
- ОАЭ вовсе не одинаковы! (Shera, Guinan, 1999)
- В их основе лежат, как минимум, два разных процесса, протекающих в улитке: **отражение** и **искажение**
- ОАЭ, связанные с отражением и искажением, отражают различные свойства улитки, так же как поведенческая аудиограмма и КСВП не одинаково чувствительны к нарушению слуха

Искажение генерируется двумя одновременно подаваемыми чистыми тонами в точке перекрытия бегущих волн, создаваемых этими тонами.

ОАЭ на частоте продукта искажения (ОАЭПИ) отражают нелинейность улитки.



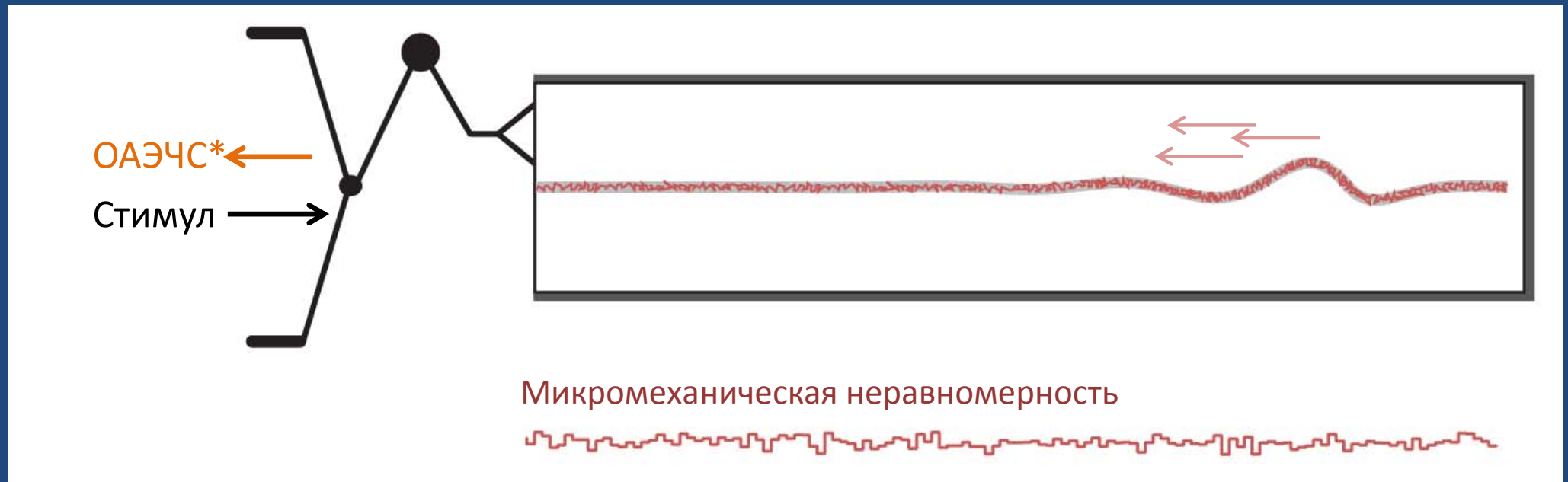
ОАЭ на частоте продукта искажения отражает нелинейность улитки



Нелинейность может проявляться по-разному. Здоровая улитка генерирует комбинационные тоны (например, ОАЭПИ), представляющие собой один из вариантов нелинейности.

Эмиссия, связанная с отражением, основана на естественной биологической неравномерности, или "неровности" улитки

В этом случае нелинейность уже не играет роль.



Энергия стимула, заключенная в бегущей волне, отражается от "неровностей" спирали улитки, подобно тому, как морские волны отражаются от свай причала.

*Эмиссия на частоте стимула

Улитковый усилитель

- Несмотря на различие механизмов, лежащих в основе генерации двух типов эмиссии, они напрямую зависят от функции наружных волосковых клеток (НВК), играющих роль рецепторов и механо-преобразователей, реагирующих собственными движениями на звуковые колебания. В здоровой улитке НВК обеспечивают усиление и точную настройку.
- НВК – главный элемент т.н. улиткового усилителя.
- Почему ОАЭ отражения (основанная на биологической неравномерности основной мембраны) нуждается в наличии здоровых НВК?
 - Потому что распространяющаяся в обратном направлении волна слишком слаба и зарегистрировать ее в наружном слуховом проходе без дополнительного усиления со стороны НВК невозможно.
- Поэтому, если улитковый усилитель слишком слаб или не функционирует вовсе (например, при СНТ), ОАЭ не регистрируются.

Систематика вызванной ОАЭ

Два основных типа

ОАЭ, основанная на
искажении



ОАЭПИ*

ОАЭ, основанная на
отражении**



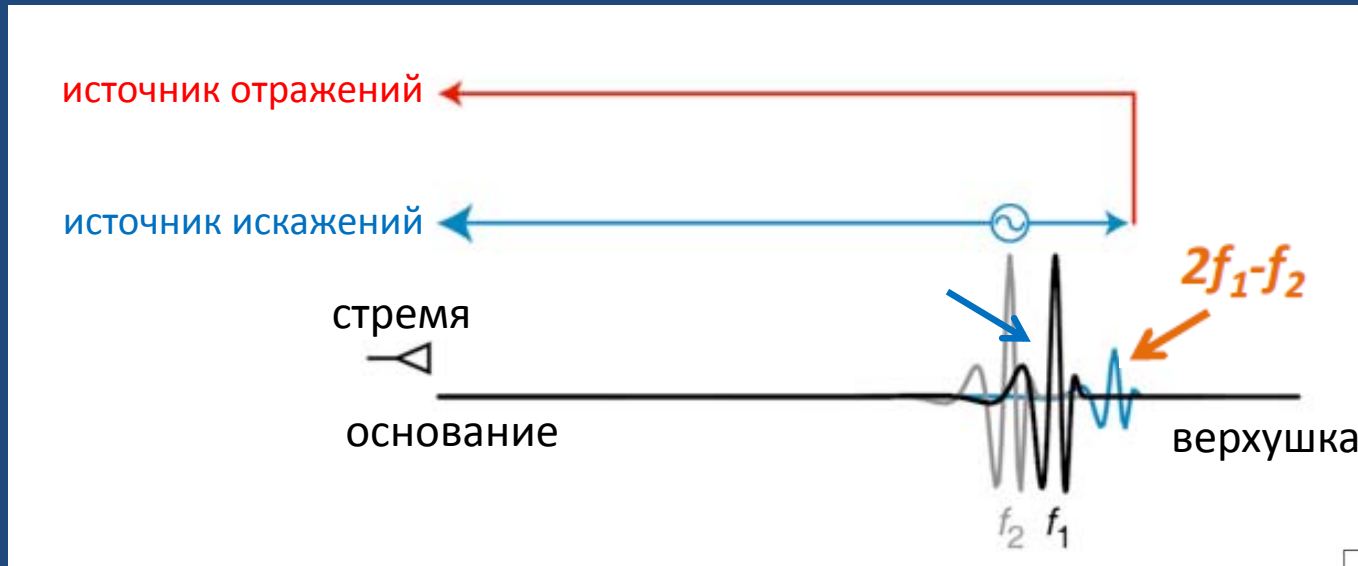
Задержанная, или
вызванная щелчком, ОАЭ
(ЗВОАЭ)

ОАЭ на частоте стимула
(ОАЭЧС)
(единственный чистый тон)

*ОАЭПИ – эмиссия смешанного типа, содержащая также компонент отражения

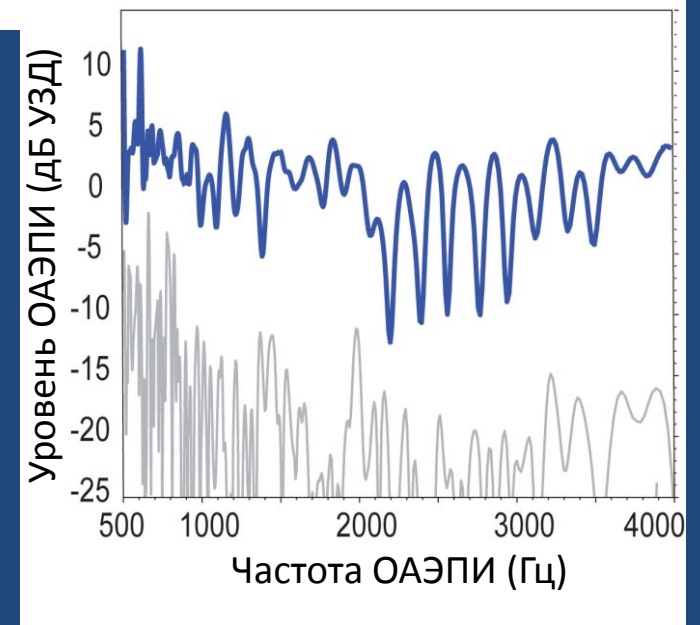
**Спонтанная эмиссия также относится к ОАЭ, основанной на отражении

Смешанная природа ОАЭПИ



Искажение, вызванное взаимодействием двух первичных тонов

Отражение в точке $2f_1 - f_2$



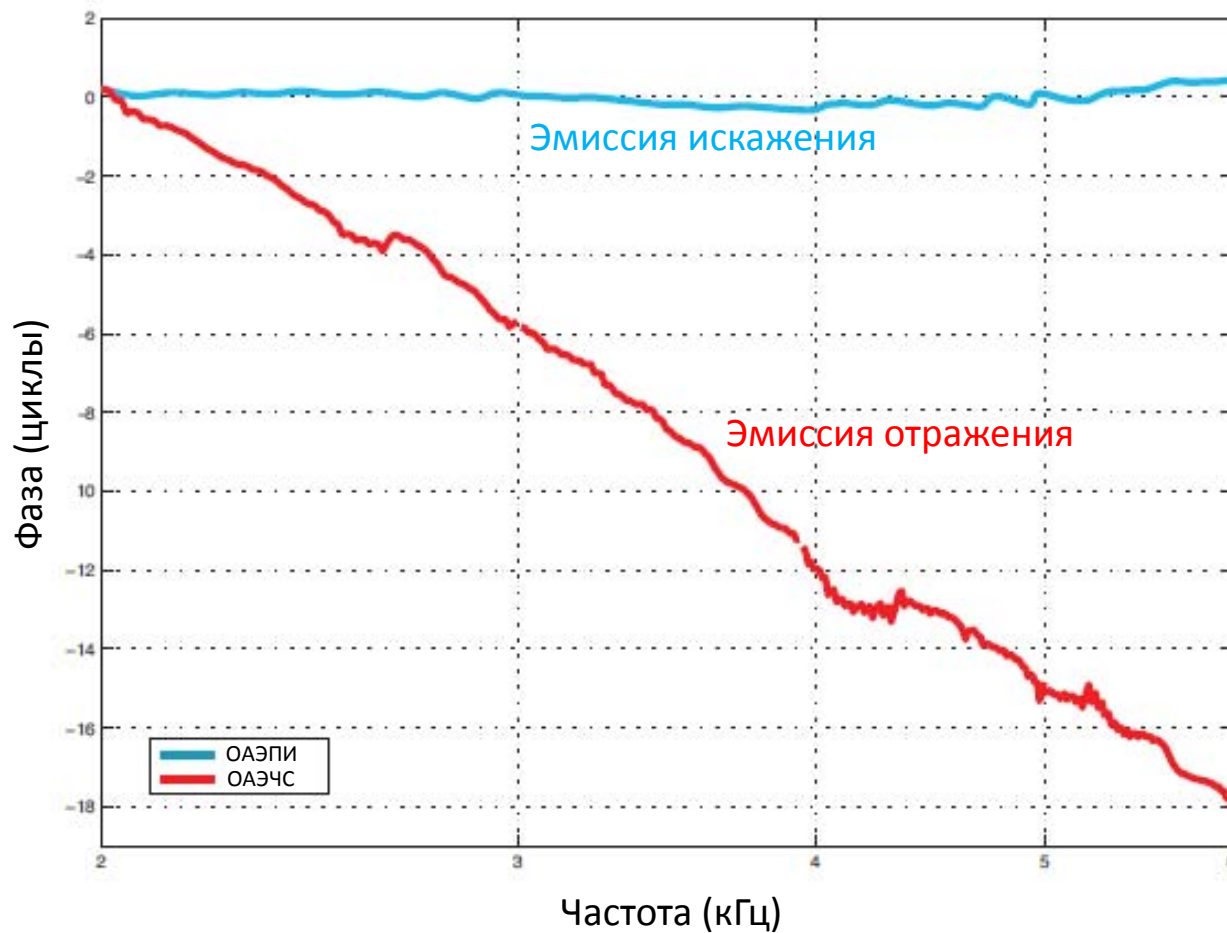
ОАЭ, основанные на отражении и искажении, могут нарушаться независимо друг от друга

- Медиальный эфферентный рефлекс* и салицилаты (аспирин) сильнее влияют на эмиссию отражения, чем на эмиссию искажения.
- Созревание по-разному сказывается на каждом из типов ОАЭ: у новорожденных и взрослых фаза эмиссии искажения неодинакова; фаза эмиссии отражения у новорожденных такая же, как и у взрослых
- Старение в большей степени сказывается (снижение амплитуды) на эмиссии искажения, чем на эмиссии отражения

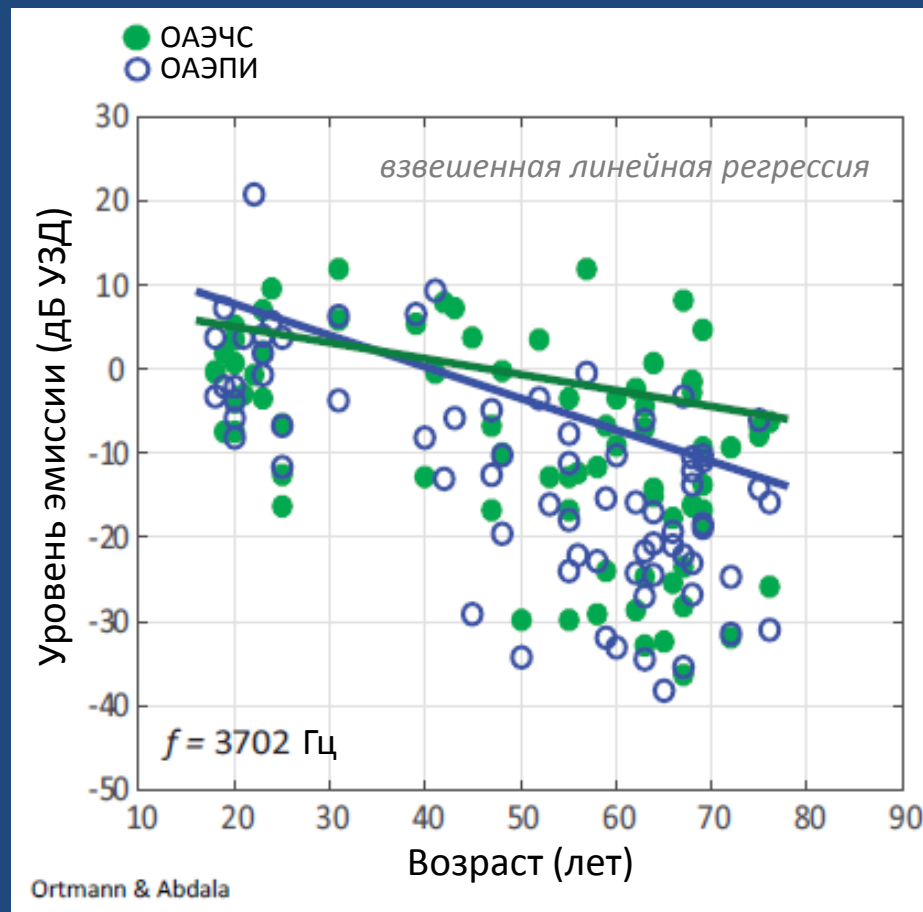
*Подавление ОАЭ, опосредованное нисходящими волокнами, иннервирующими улитку и НВК.

Различие процессов, лежащих в основе возникновения двух типов ОАЭ, подтверждается их отчетливыми *фазовыми* различиями

Уникальная фазовая картина

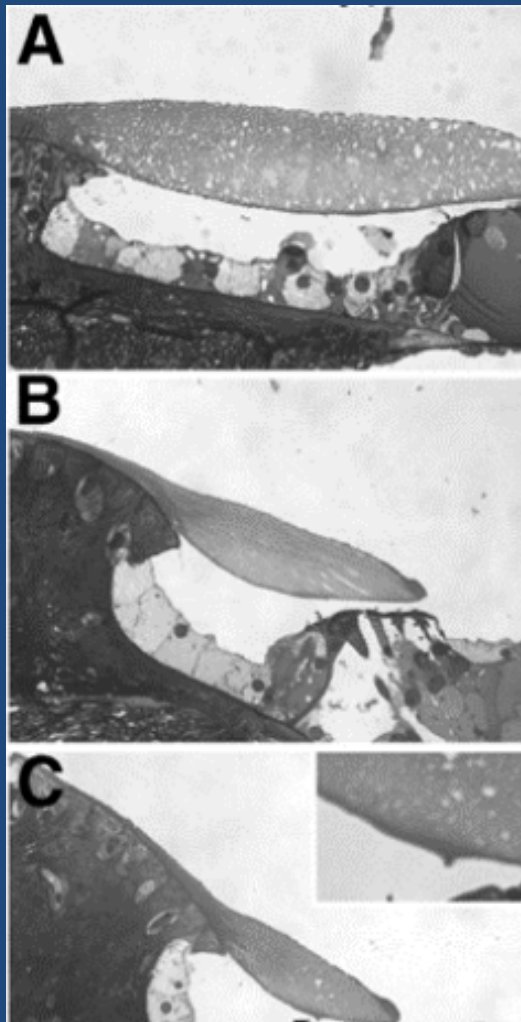


Уровень ОАЭПИ с возрастом снижается быстрее по сравнению с ОАЭЧС (эмиссия отражения)



Специфические **генные мутации** могут оказывать независимое влияние на эмиссию искажения и отражения

Обычные мыши

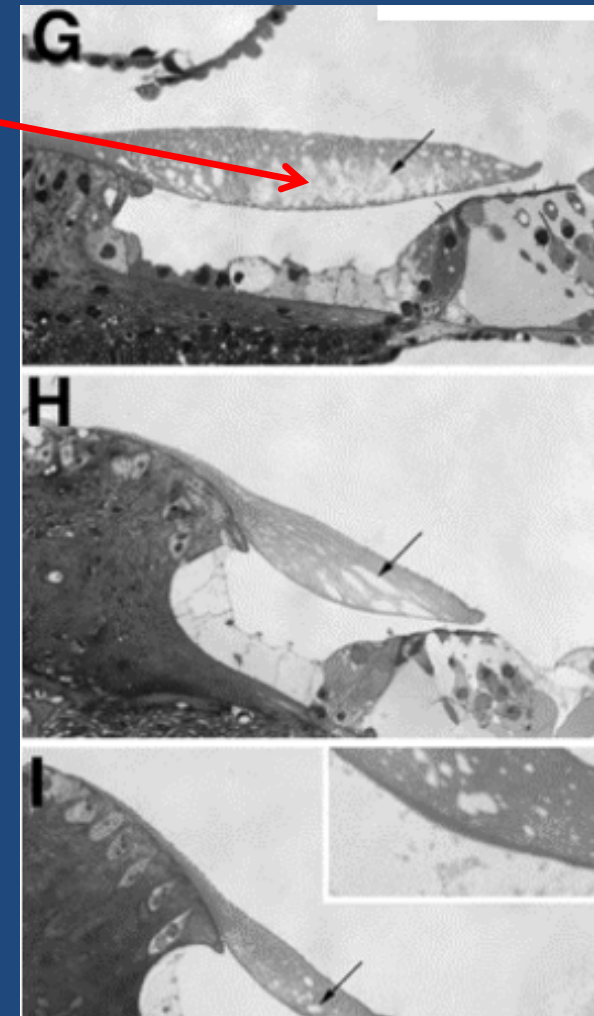


У мышей Seacam16 имеются отверстия в покровной мембране.

В результате нарушается слух.

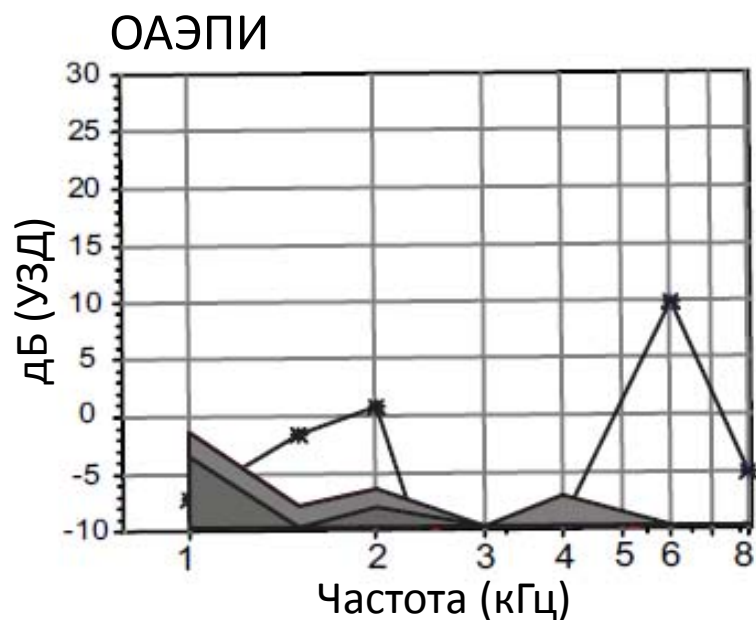
При этой мутации амплитуда ОАЭЧС (эмиссия отражения) чрезмерно высока, а ОАЭПИ имеют обычную амплитуду.

Мутанты Seacam16

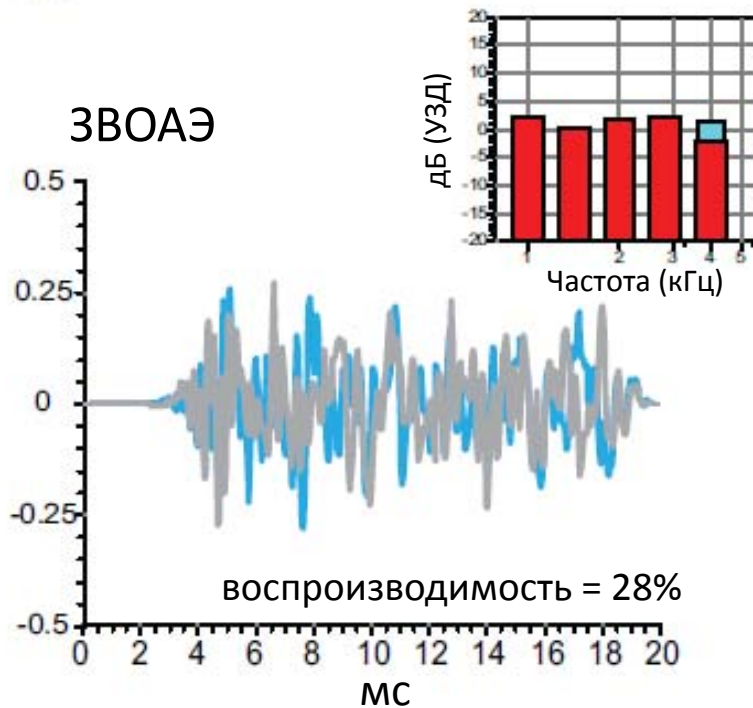


Небольшая тугоухость в большей степени сказывается на ЗВОАЭ (эмиссия отражения), чем на ОАЭПИ

А



В



Зачем регистрировать только один тип ОАЭ, когда мы можем больше узнать о слухе, регистрируя оба типа?

- Чуть больше десяти лет назад мы не понимали, почему для проверки слуха нужно регистрировать как КСВП, так и ОАЭ. А между тем без этого мы не смогли бы обнаружить слуховую нейропатию (РССН*).
- Именно практика подсказала набор тестов для диагностики РССН.

*Расстройства спектра слуховой нейропатии.

Стратегическое применение ОАЭ



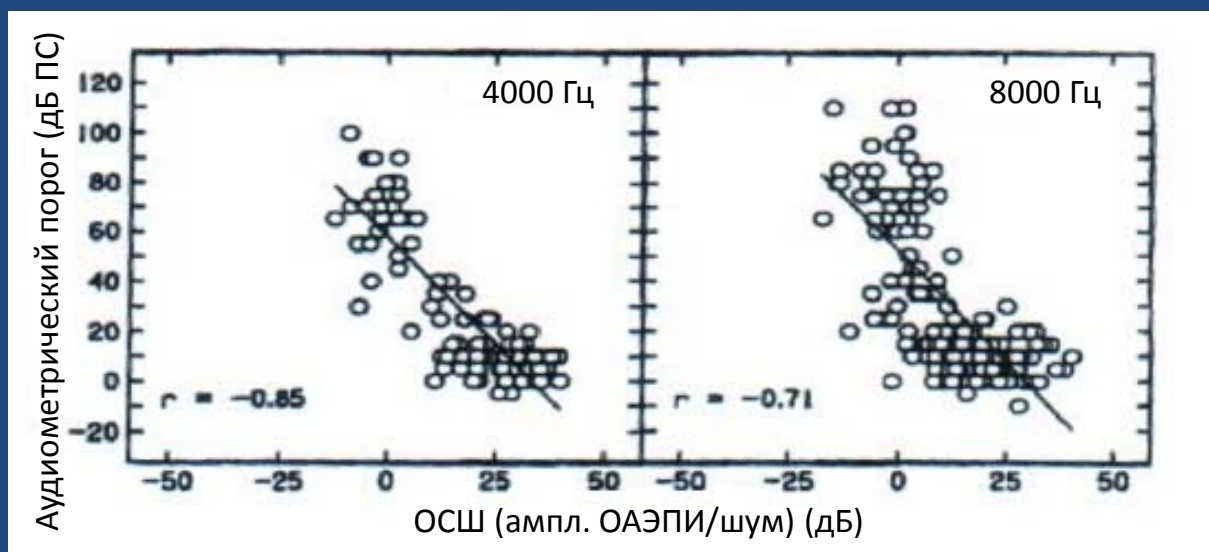
Типичный протокол регистрации ОАЭ

Цель: **обнаружить** тугоухость

- Регистрируют либо ОАЭПИ, либо ЗВОАЭ, но не оба варианта эмиссии.
- Стимул подается на одном уровне (обычно на задаваемом по умолчанию): тоны уровнем 65-55 или 60-50 дБ УЗД для ОАЭПИ; щелчки уровнем 82-86 дБ пУЗД для ЗВОАЭ.
- ОАЭ регистрируют лишь на нескольких частотах: 2, 4 и 8 кГц для ОАЭПИ; 2-4 или 2-5 кГц для ЗВОАЭ.
- О наличии или отсутствии ОАЭ судят по критерию ОСШ (отношение сигнал-шум)

Считается, что эти задаваемые по умолчанию уровни и частоты стимуляции наиболее эффективны для дифференциации нормального и нарушенного слуха

При использовании узкого диапазона оптимальных параметров стимуляции ОАЭ способны обнаружить тугоухость, превышающую 40 дБ, приблизительно в 90% случаев.



Gorga и соавт. (1993)

- В нескольких масштабных клинических исследованиях была продемонстрирована четкая связь между ОАЭ и тугоухостью (Gorga и соавт., 1993ab, 1996, 1997, 1999, 2000).

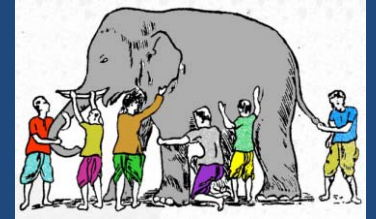
Стратегическое использование ОАЭ

Что я подразумеваю под термином "стратегическое"?

- Если нам нужно **не только** обнаружить тугоухость, но и получить представление о проблеме в целом
- Если мы хотим выйти за рамки, традиционно отводимые ОАЭ
- Если мы не хотим ограничиваться предлагаемыми по умолчанию параметрами работы оборудования
- Если наши представления о механизмах генерации ОАЭ могут повлиять на проведение диагностического теста

Три совета по стратегическому использованию ОАЭ

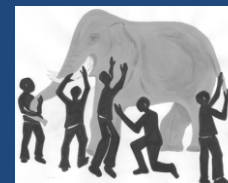
№1: Регистрируйте и ЗВОАЭ, и ОАЭПИ



Почему? (теоретические соображения):

- ЗВОАЭ и ОАЭПИ нельзя рассматривать как идентичные маркеры одних и тех же процессов, протекающих в улитке.
 - Эмиссия отражения генерируется в области пика бегущей волны (самая чувствительная и точно настроенная часть бегущей волны), поэтому она чувствительна к незначительным сенсоневральным нарушениям слуха.
 - Эмиссия искажения (ОАЭПИ) служит показателем нелинейности (т.е. физиологического здоровья) улитки.

Для чего нужно регистрировать оба типа эмиссии? (Практическое соображение №1)



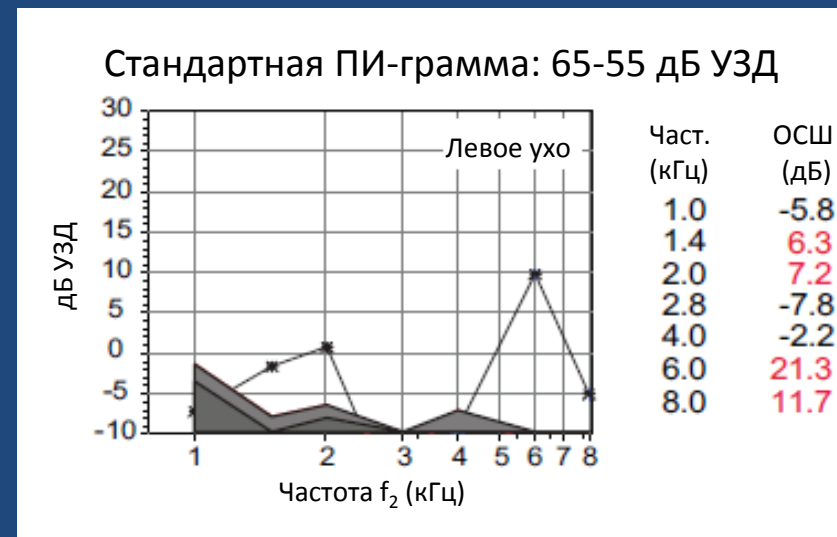
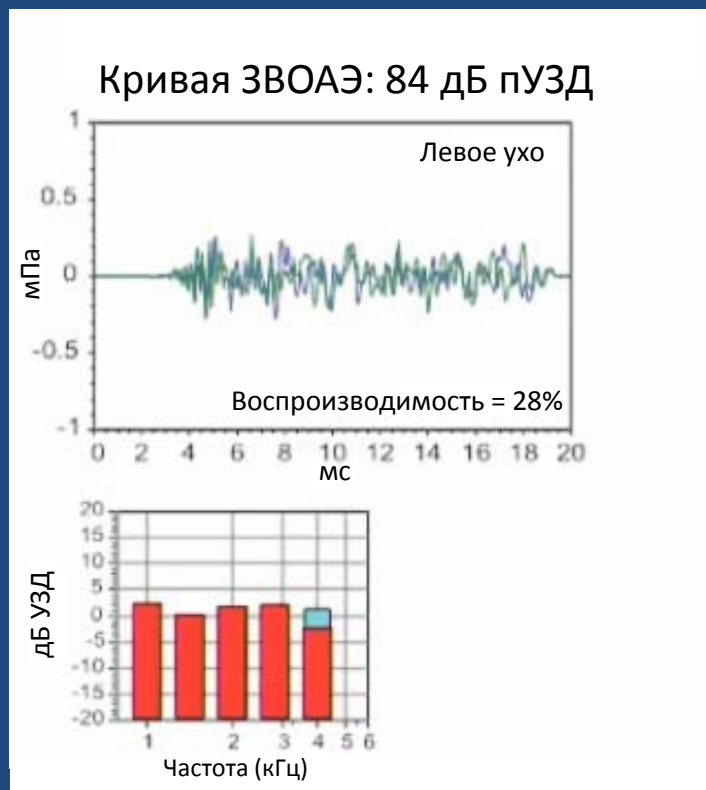
- Генетические эксперименты на мышах позволили обнаружить мутации с нетипичным слуховым профилем (например, у мышей с отверстиями в покровной мембране – *Seasat16*, а также у мышей с дефицитом стереоцилина). При этом ОАЭПИ отсутствуют, а ЗВОАЭ регистрируются.
 - *Многие из этих генов глухоты обнаружены при семейной тугоухости у людей!*
- Без комплексного подхода к ОАЭ мы упустим такие формы тугоухости и просто отнесем ее к сенсоневральному типу.
 - **...как это было со слуховой нейропатией на протяжении десятилетий.**

Для чего нужно регистрировать оба типа эмиссии? (Практическое соображение №2)



- Потому что отсутствие ЗВОАЭ само по себе может означать что угодно – от легкой тугоухости до глухоты.
- Отсутствие ЗВОАЭ и наличие ОАЭПИ – не норма (в норма должны быть оба типа эмиссии). В таких случаях весьма вероятно наличие малой/умеренной СНТ и исключено наличие глубокой СНТ. **В глухом ухе ОАЭПИ не генерируется.**

Наличие ОАЭПИ (хотя и не совсем нормальной – низкая амплитуда, ответ присутствует лишь на 4 частотах из 7). Прекратить наблюдение за ребенком? Перепроверить через год?



Отсутствие ЗВОАЭ (более чувствительной к небольшой тугоухости) подтверждает нарушение слуха. Наличие ОАЭПИ указывает на невысокую степень тугоухости.

Соображение №2: Если при исходных уровнях первичных тонов (65-50 дБ УЗД) ОАЭПИ отсутствует, воспользуйтесь более высокими уровнями стимуляции



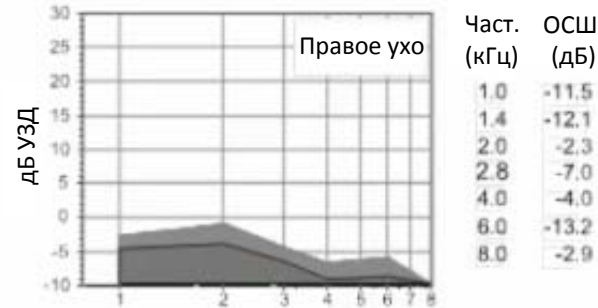
Почему?

- Даже если ЗВОАЭ отсутствует (из-за высокой чувствительности к небольшим нарушениям слуха), улитка может сохранить нелинейность. Не упустите шанс зарегистрировать ОАЭПИ (конечно, если она есть)!
- Такое сочетание результатов (отсутствие ЗВОАЭ и наличие ОАЭПИ) весьма информативно, т.к. дает представление о степени тугоухости: невысокая.

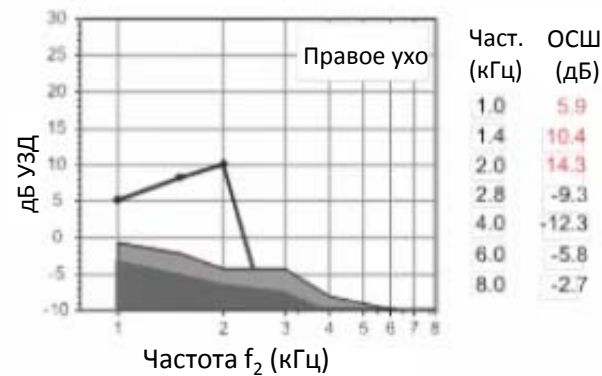


ОАЭПИ

Стандартная ПИ-грамма: 65-55 дБ УЗД



Высокоуровневая ПИ-грамма: 75-75 дБ УЗД



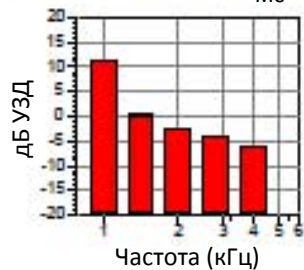
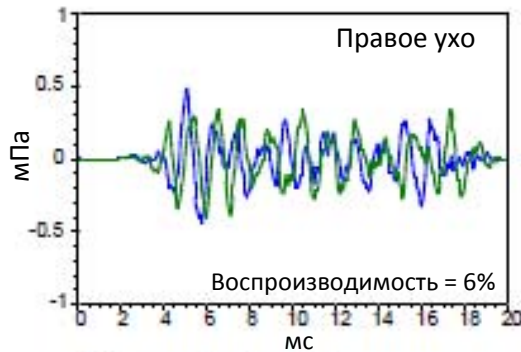
Отсутствие ЗВОАЭ.

Отсутствие ОАЭПИ при использовании заданных по умолчанию уровней первичных тонов.

Наличие ОАЭПИ на низких/средних частотах при использовании более высоких уровней первичных тонов.

Примечание: Регистрация КСВП в ответ на тональные стимулы подтвердила нормальные пороги слышимости на частотах 500 и 1000 Гц и СНТ умеренно-тяжелой степени на высоких частотах.

ЗВОАЭ



Соображение №3: Не ограничивайтесь понятием "наличие/отсутствие".

Задайтесь вопросом о *нормальности ОАЭ*

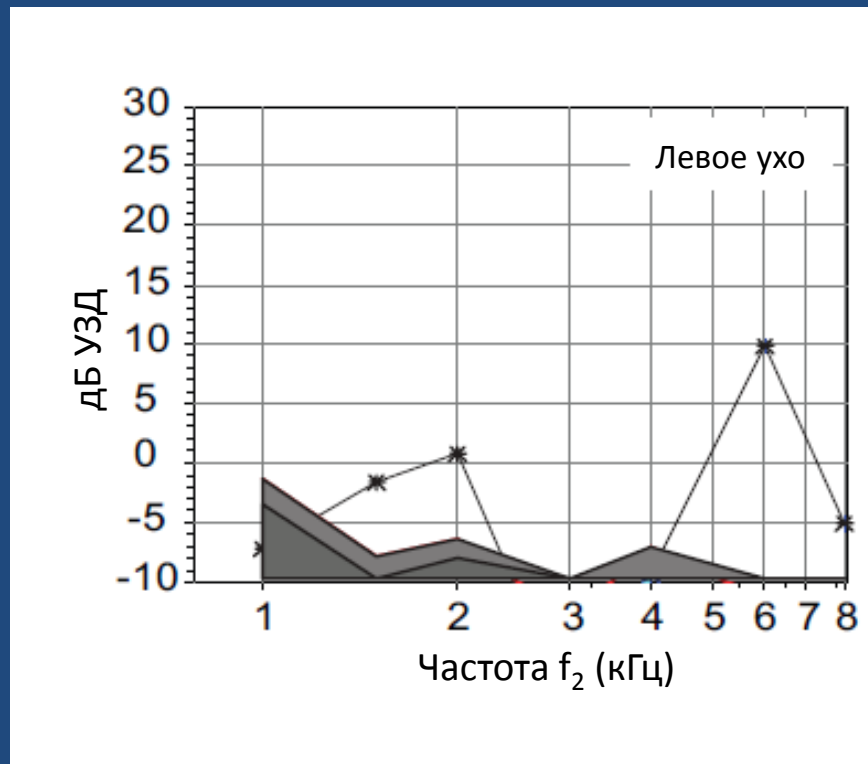


Почему?

- ОАЭ может регистрироваться, но ее амплитуда может быть слишком низкой для данного возраста. Низкоамплитудная эмиссия может быть признаком незначительного снижения слуха.
- ОАЭ может регистрироваться, но лишь в ограниченном частотном диапазоне. Это может быть признаком неровной (например, нисходящей, восходящей, "корытообразной") аудиограммы.

Соображение №3: Не ограничивайтесь понятием "наличие/отсутствие".

Задайтесь вопросом о *нормальности ОАЭ*



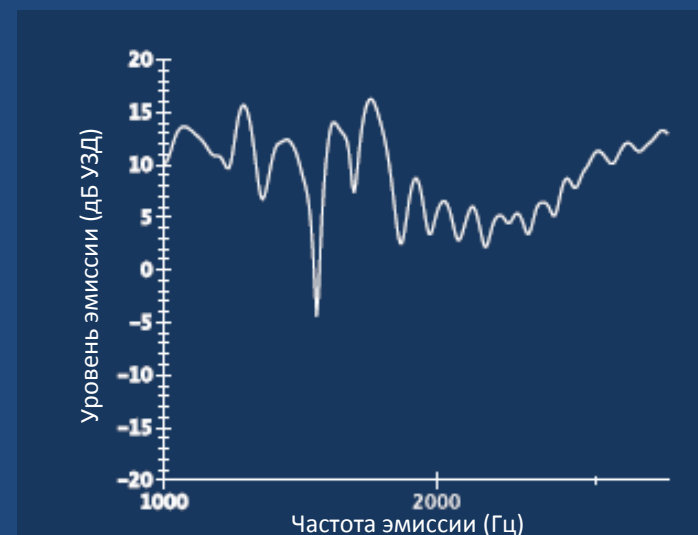
Если вы удовлетворитесь понятием "наличие/отсутствие" ОАЭ, вы рискуете упустить наличие тугоухости.

На горизонте: Что нас ждет?

- Клиническое применение непрерывных тонов возрастающей частоты
- Разделение смешанных ОАЭПИ
- Клиническое применение эмиссии на частоте стимуляции (ОАЭЧС)
- Практическое использование фазы и задержки ОАЭ

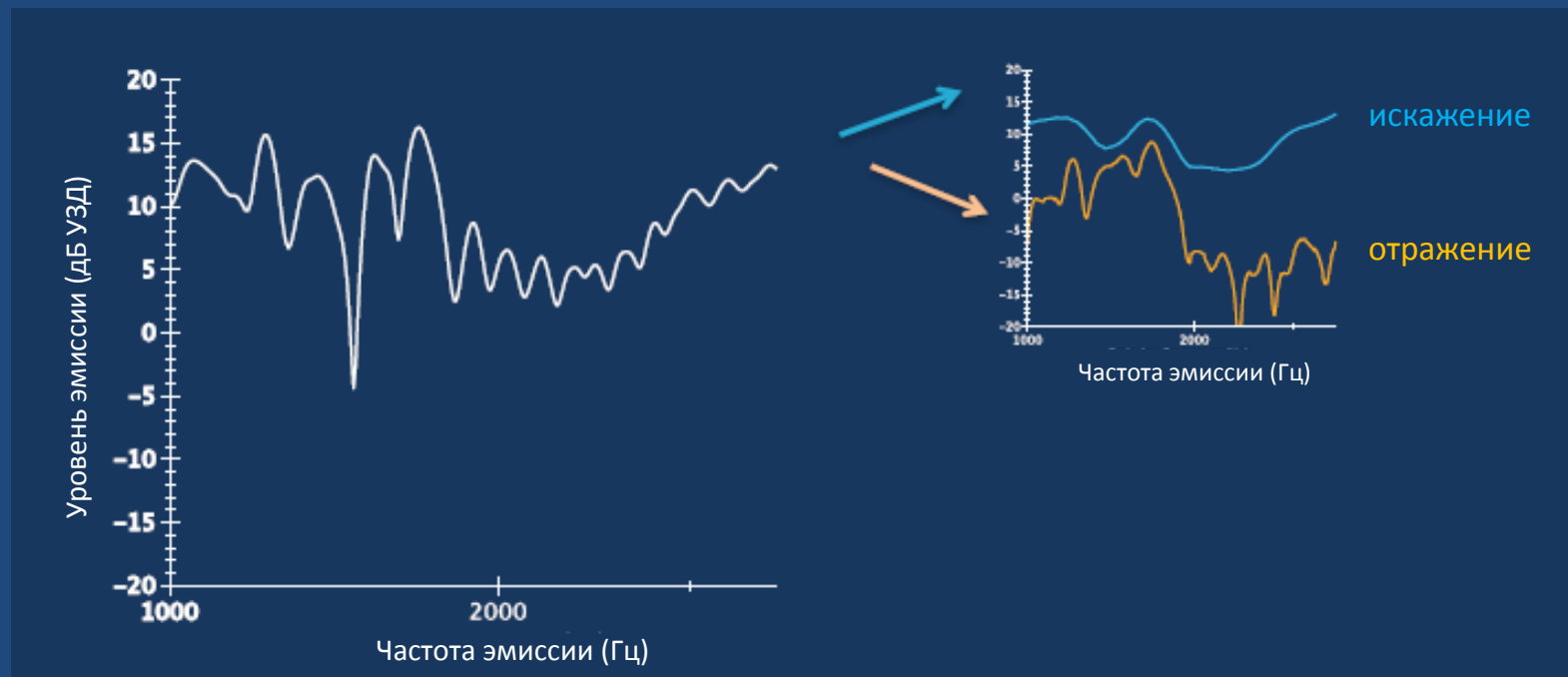
Регистрация ОАЭ с применением непрерывных тонов возрастающей частоты

- Непрерывные тоны возрастающей частоты позволяют быстро зарегистрировать ОАЭЧС и ОАЭПИ в одном и том же ухе.
- Время экономится за счет плавного изменения частоты стимула вместо использования отдельных тонов или пар тонов.
- В результате регистрируются такие же ОАЭ, как и при традиционной стимуляции, но с гораздо более высоким разрешением.



Разделение смешанных ОАЭПИ

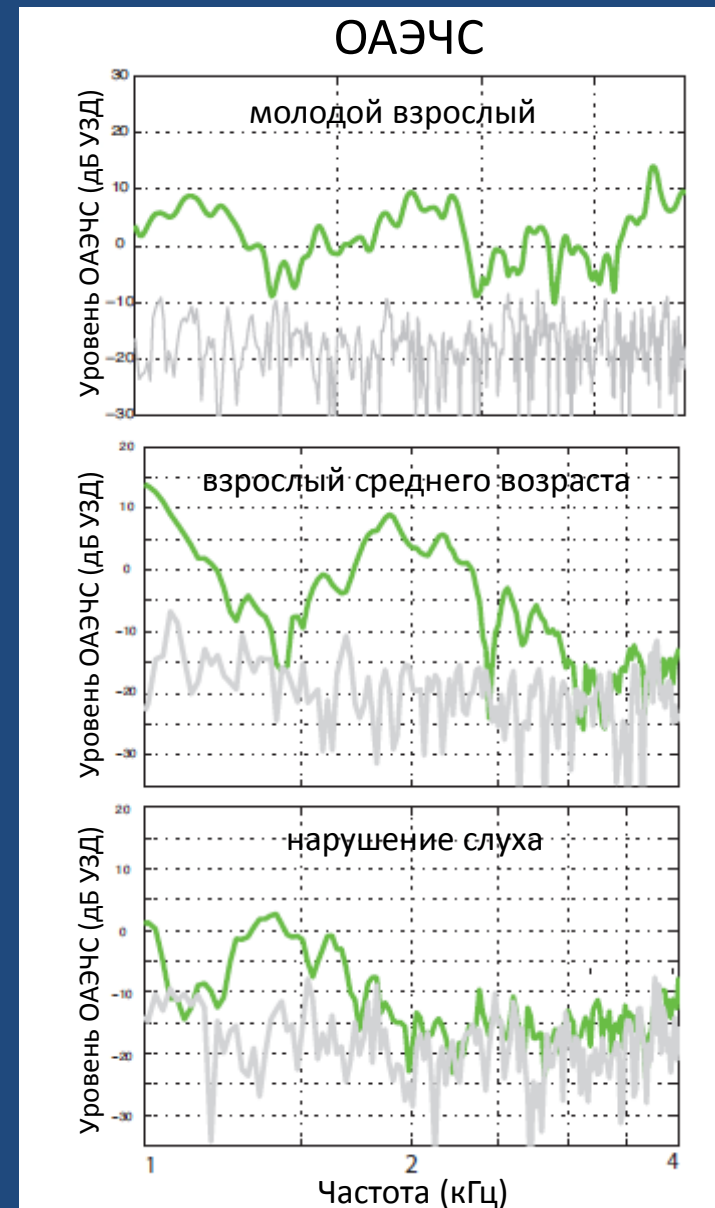
- ОАЭПИ представляет собой смешанную эмиссию, состоящую из компонентов отражения и искажения. Обработывая сигнал, можно "разделить" ОАЭПИ, т.е. выделить компоненты отражения и искажения.



- Возможность такого разделения информации может оказаться полезной в контексте Соображения №1.

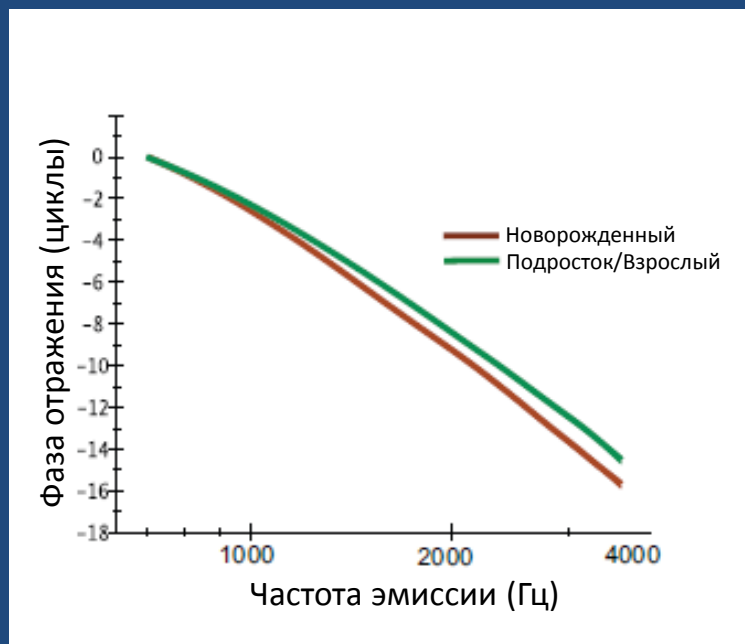
ОАЭ на частоте стимуляции

- Эмиссия отражения может быть также зарегистрирована при использовании единичных чистых тонов: ОАЭЧС.
- Это позволяет устранить проблемы артефакта щелчка и зарегистрировать ОАЭ на более высоких частотах.
- ОАЭЧС отражают настройку улитки и могут использоваться в будущем в качестве средства исследования частотной настройки.



Использование фазы и задержки ОАЭ

- Установлено, что задержка ОАЭЧС позволяет судить о точности настройки. Некоторые мутации приводят к ненормально "острой" настройке улитки. Это можно обнаружить с помощью ОАЭЧС.



Изучается возможность использования фазы ОАЭПИ для обнаружения опасного повышения внутричерепного давления.

Некоторые варианты СНТ могут привести к нарушениям фазы ОАЭ, без нарушений ее амплитуды.

Заключение

- Тугоухость в педиатрической популяции – это головоломка; аудиологи пользуются доступными им средствами для того, чтобы сложить воедино отдельные элементы этой головоломки, т.е. получить представление о всем слоне (притча о пяти слепых, каждый из которых ощупывал лишь одну часть тела слона).
- Действуйте стратегически! ОАЭ отражения и искажения являются информативными средствами обнаружения и изучения нарушений слуха у детей.

Чтобы охватить взглядом всю картину нарушения слуха,
нужно собирать крупицы информации, поступающей из
разных источников ОАЭ

