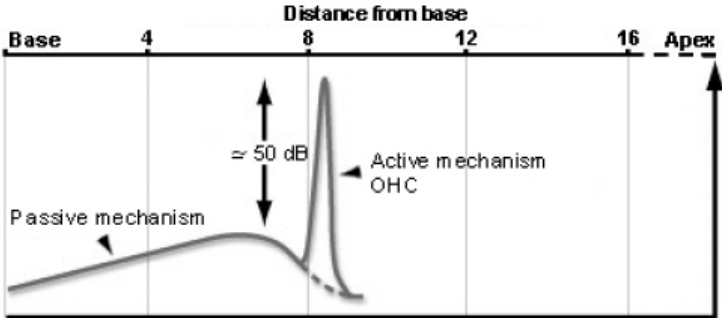


Introduzione alle Emissioni Otoacustiche

Meccanismi attivi e passivi (spostamento della MB)



© Copyright Promenade 'round the cochlea

Le CCE e le Emissioni Otoacustiche

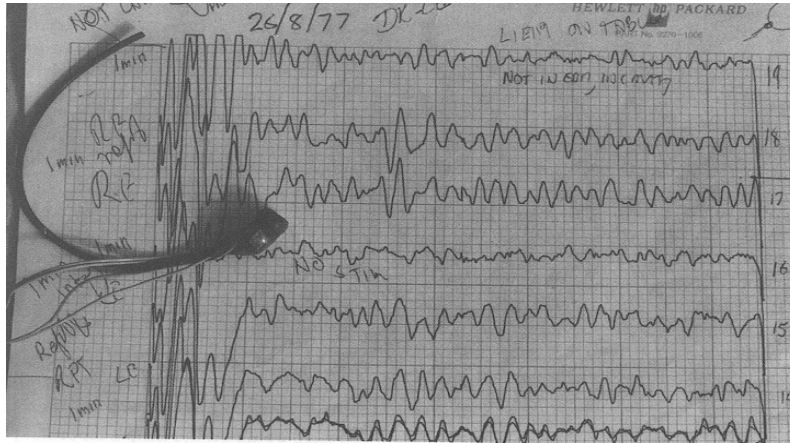
- Gli ultimi 20 anni un grande numero di studi ha presentato dati che suggeriscono che le CCE sono I generatori principali delle Emissioni Otoacustiche (OAEs).
- Le risposte OAE sono un fenomeno di natura non-lineare (saturazione / intermodulazione).

Un pò di storia



Nel 1977, David Kemp ha pubblicato Il primo lavoro sulla esistenza di risposte evocate dalla coclea, chiamate "echi cocleari"

Le prime TEOAEs



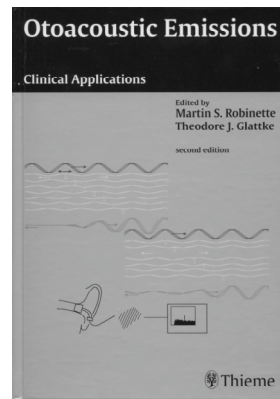
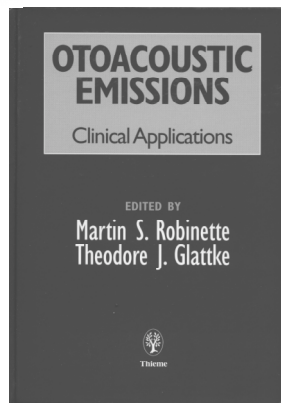
Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs



David Kemp PhD

27 anni dopo



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs



**OAEs = Emissioni
Otoacustiche***



**Energia Acustica prodotta dalla coclea e
registrata nel canale uditivo esterno.**

* Le risposte OAEs sono evocate ma NON sono potenziali

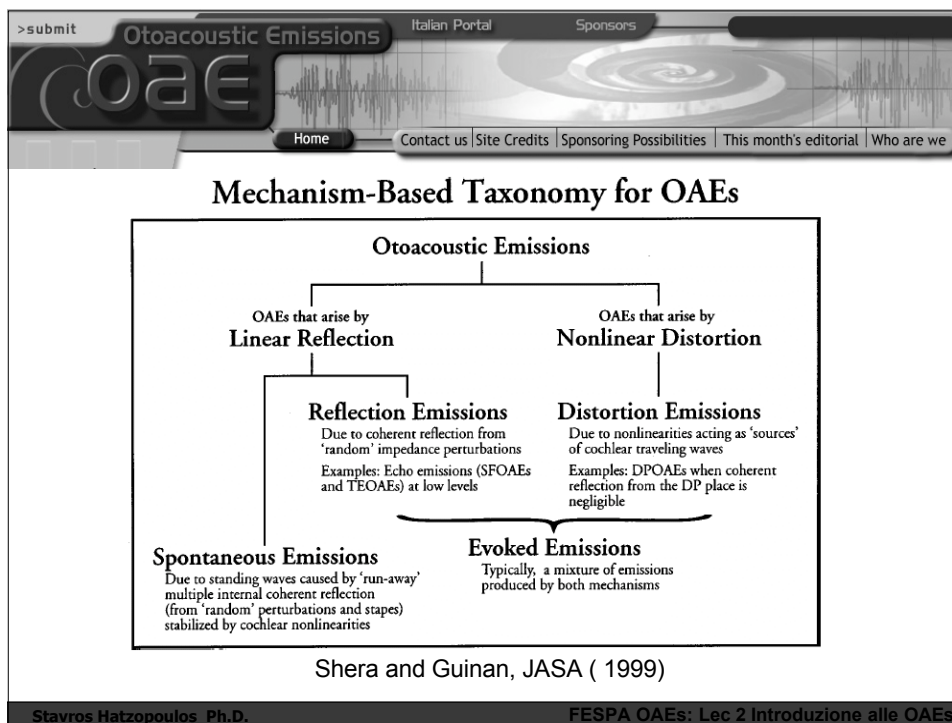
Tipi di OAEs

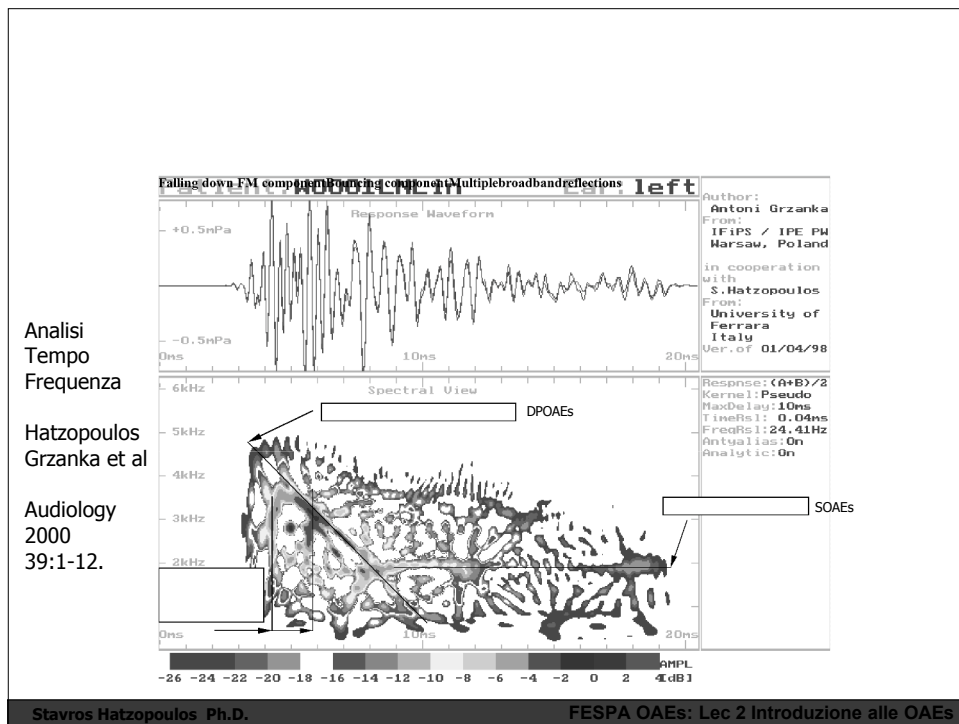
Classificazione classica (secondo lo stimolo che le evoca)

- ▶ *Transienti* (TEOAEs): Risposte evocate da uno stimolo transitorio (ie click, tone-pip)
- ▶ *Prodotti di Distorsione* (DPOAEs): Risposte evocate da due stimoli continui (toni).
- ▶ *Spontanee* (SOAEs): Risposte evocate da processi interni della coclea (ie rumore Browniano)

Classificazione Moderna

- ▶ **Shera and Guinan** (1999) hanno suggerito che i segnali OAE sono il risultato cumulativo dei processi nonlineari (che generano DPOAEs) e meccanismi di riflessione (che generano TEOAEs).
- ▶ Questo modello è noto come "two source interference model".





Informazioni disponibili via le OAEs

- I micro-alterazioni della funzionalità cocleare (dinamica) introducono alterazioni funzionali all'livello delle CCE.
- Queste vengono espresse come una riduzione delle ampiezze e i S/N (segnale-rumore) delle OAE.
- Tramite le informazioni spettrali delle OAEs siamo in grado di :
 - costruire una immagine analitica della funzionalità cocleare;
 - e soprattutto possiamo valutare la performance della coclea a varie zone (frequenze) di interesse.

Definizioni di termini importanti

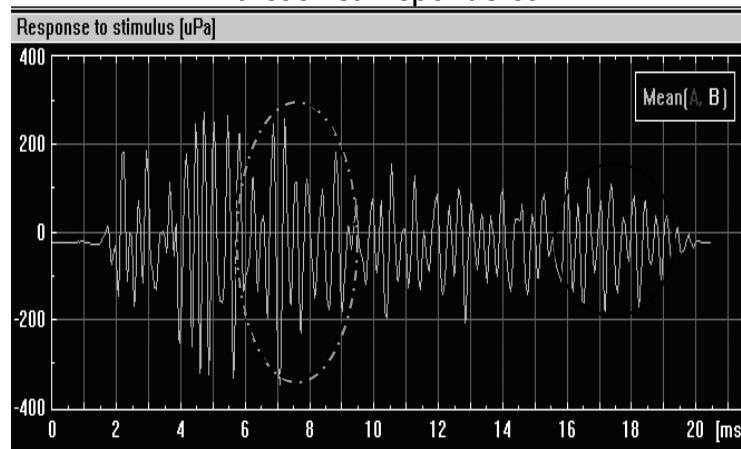
- Coclea attiva (= amplificatore cocleare): La vibrazione della membrana basilare (organo di Corti) si amplifica ulteriormente tramite lo spostamento / movimento (locale) delle CCE .
- Un sistema non-lineare : quando viene stimolato presenta effetti di tipo distorsione, saturazione, compressione delle frequenze etc. Le prime due categorie sono associate con la genesi delle OAEs.
- The cochlea diventa un sistema LINEARE quanto subisce danni che risultano a vari deficit uditivi.

Emissioni Otoacustiche evocate da Transienti (TEOAEs)

Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

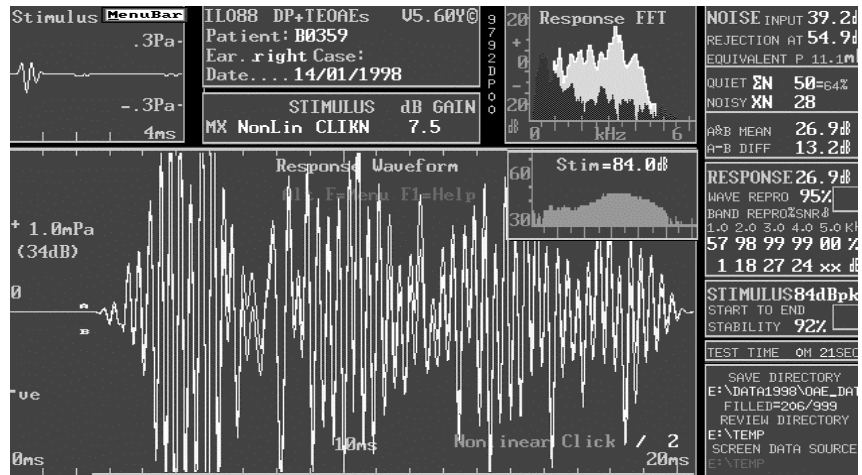
Quando uno stimolo transitorio stimola la coclea
...la coclea risponde con



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

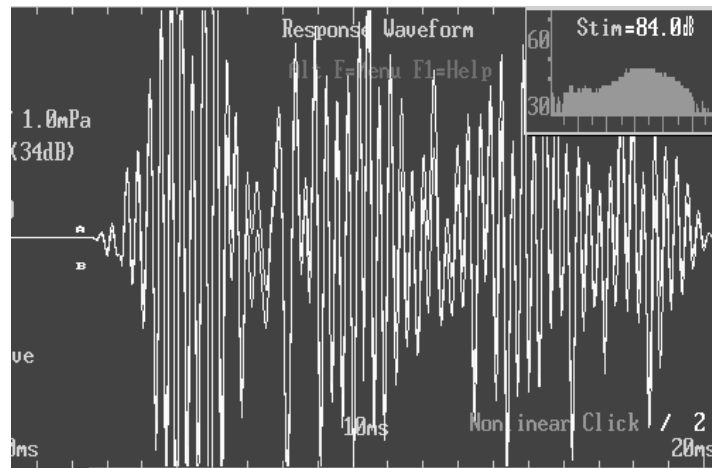
Una tipica risposta TEOAE con ILO-292



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

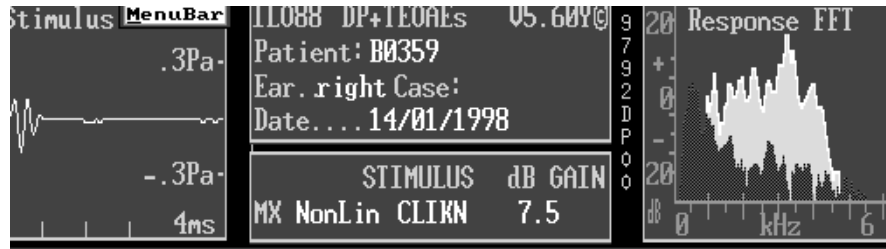
Spiegazioni-1



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

Spiegazioni-2



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

Spiegazioni-3

```

NOISE INPUT 39.2dB
REJECTION AT 54.9dB
EQUIVALENT P 11.1mPa
QUIET XN 50=64%
NOISY XN 28
A&B MEAN 26.9dB
A-B DIFF 13.2dB
RESPONSE 26.9dB
WAVE REPRD 95%
BAND REPRD%SNRdB
1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 kHz
57 98 99 99 00 %
1 18 27 24 xx dB
STIMULUS 84dBpk
START TO END
STABILITY 92%
TEST TIME 0M 21SEC
    
```

Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

Profilo tecnico delle TEOAE

- **Finestra di registrazione** : 20 ms (valore default), 12 ms con neonati e piccoli bambini.
- **Tipo di analisi (default)** : Analisi spettrale di tipo Fourier (FFT)
- **Stimoli** : 80 us click (70 -94 dB SPL), Tone burst (raramente) 80-82 dB SPL.
- **Banda di stimolazione:** 12.5 kHz (teoricamente), in realtà per tanti sistemi la sonda utilizzata non risponde in modo lineare sopra 5 kHz !!!!
 - **Attenzione agli studi di ototossicità con sonde che arrivano a 5 kHz !!!!**

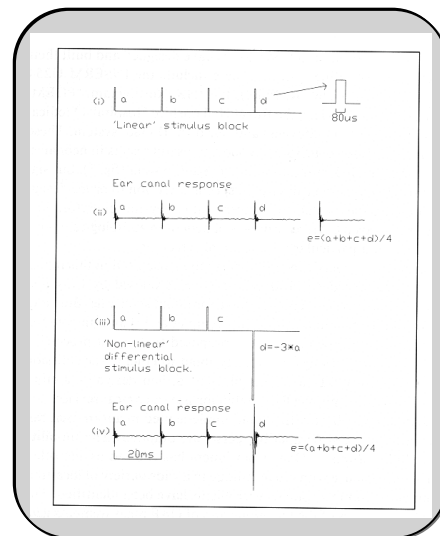
TEOAE :Concetti Importanti

- Le risposte TEOAE sono proprietà di un sistema uditivo funzionante (ie proprietà di orecchie normali).
- Le risposte TEOAE mostrano una notevole riproducibilità (80-90%).
- La forma acustica dello stimolo (click) DEFINISCE il contenuto spettrale delle risposte . Molto importante per tutte le applicazioni screening.
- Con l'età, il numero dei segmenti cocleari che contribuiscono alla forma della risposta TEOAE diminuisce.

TEOAE :Concetti Importanti-B

- ▶ Studi utilizzando grandi campioni di soggetti, hanno mostrato che le TEOAEs sono sensibili sia al lato (Sx vs Dx) sia al sesso (M vs F).
- ▶ Le risposte Dx sono piu ampie.
- ▶ Lo stesso vale per le risposte da soggetti Femminili.

Protocolli TEOAE

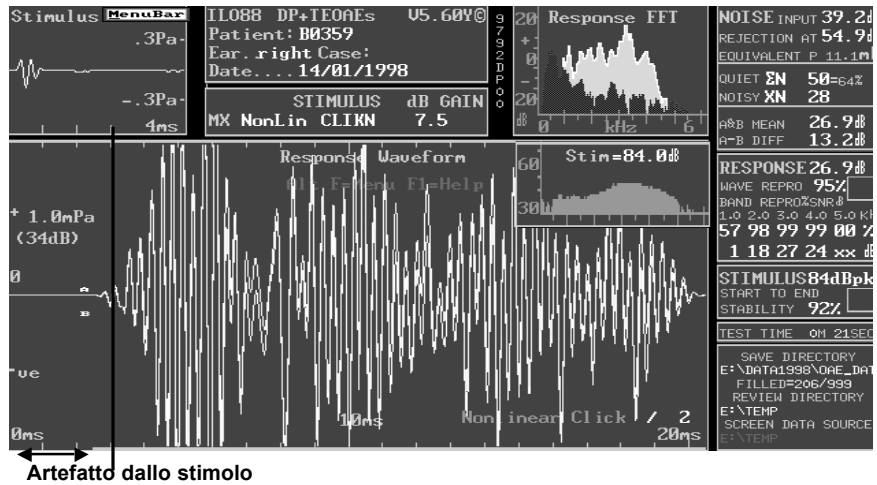


Lineare

Non-Lineare

**versione
12 ms
QuickScreen**

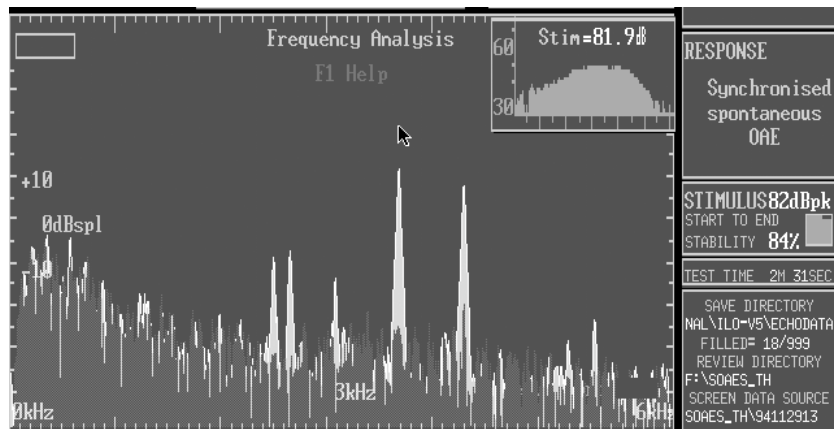
TEOAEs: Caso Neonato normale



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

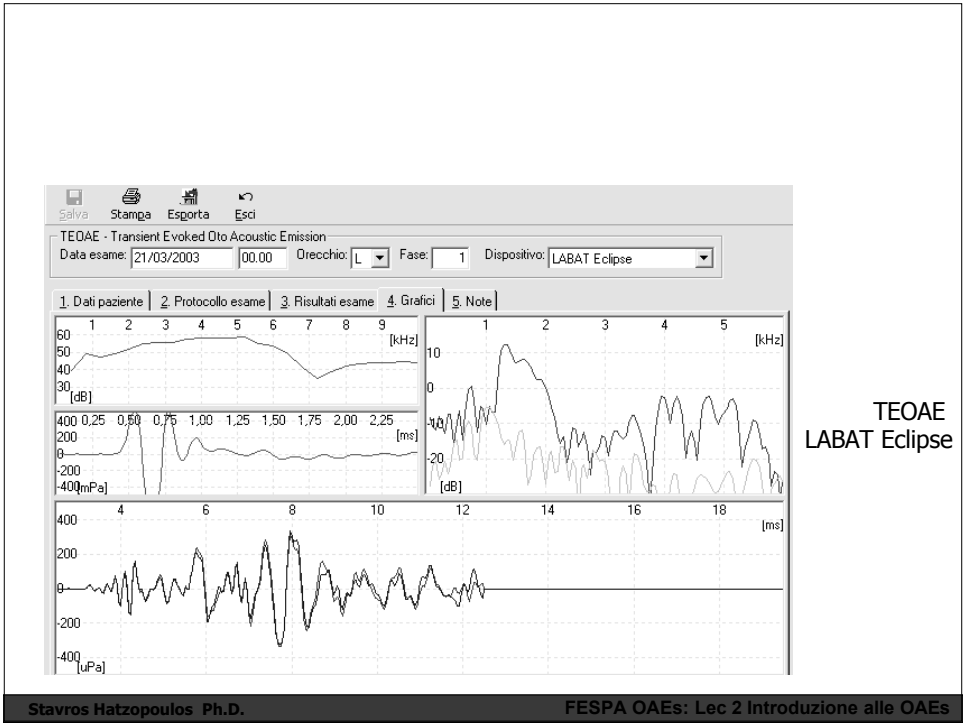
FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

Spontaneous OAE, PCA = 40 w

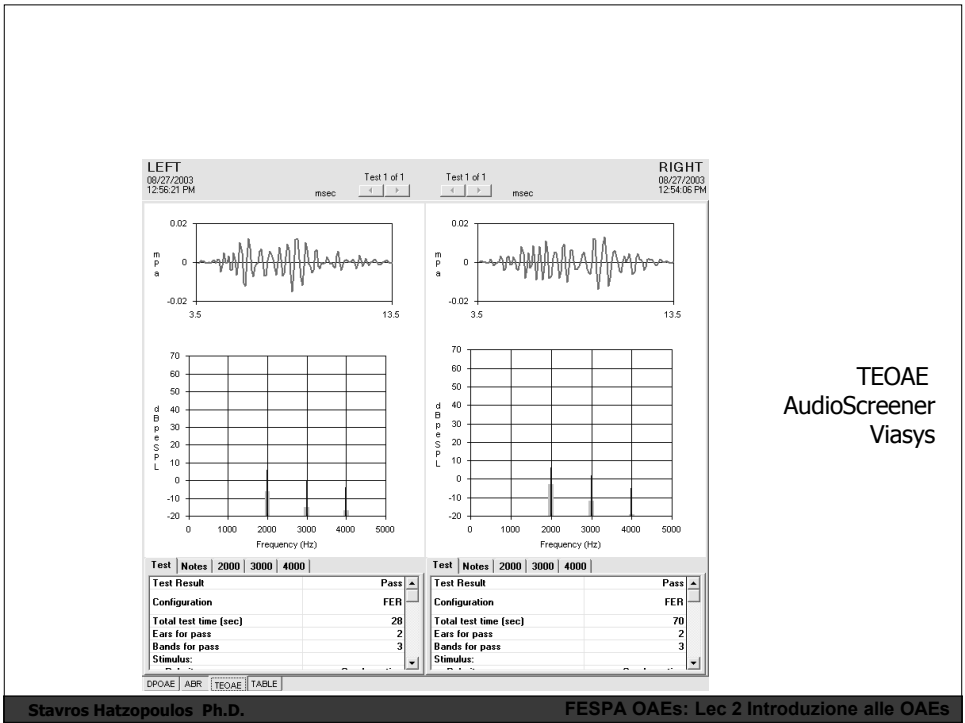


Stavros Hatzopoulos Ph.D.

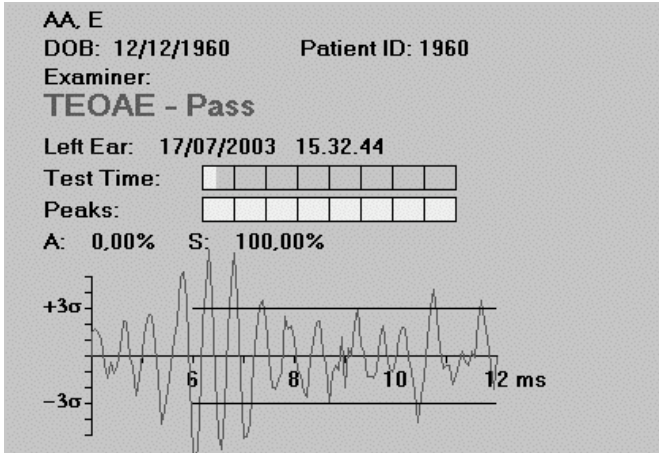
FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs



TEOAE
LABAT Eclipse



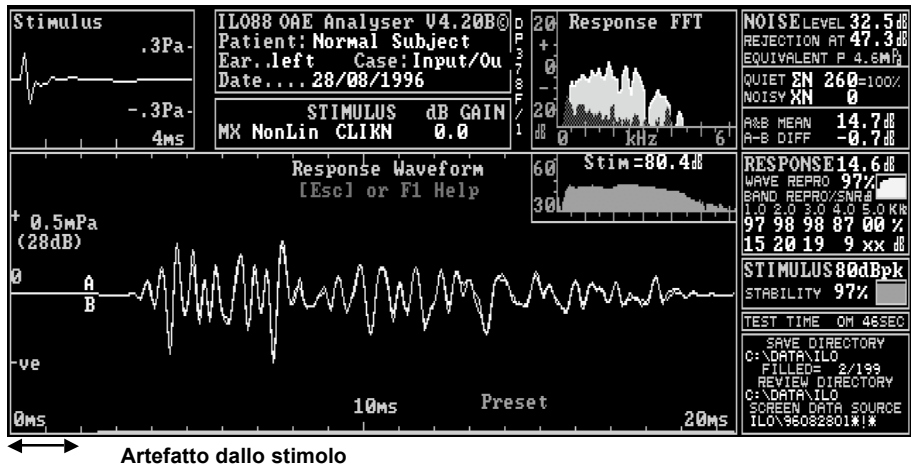
TEOAE
AudioScreener
Viasys



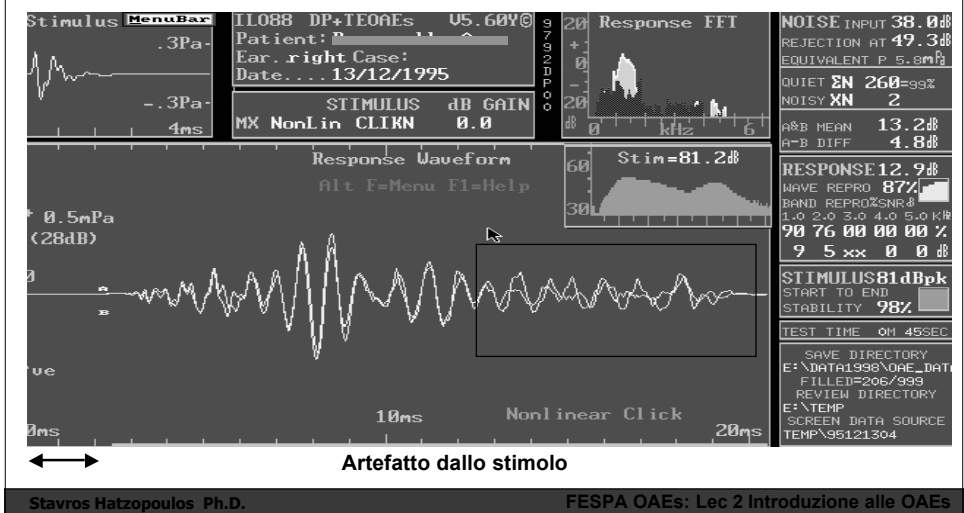
TEOAE

AccuScreen
 GNotometrics

TEOAEs : Adulto Normale



TEOAEs: Caso SNHL > 40 dB HL in 2- 4 KHz



Prodotti di Distorsione (DPOAEs)

Prodotti di Distorsione (DPOAEs): Risposte generate da una stimolazione cocleare tramite due toni F_1 , e F_2 (chiamati toni primari) di frequenze diversa.

Terminologia

- Primarie: Le frequenze F_1, F_2
- F_{ratio} : il rapporto fra le due primarie (1.18-1.3)
- Prodotti di distorsione : sono una serie infinita di tipo $2F_1-F_2, 2F_2-F_1, 3F_1-F_2$, di cui $2F_1-F_2$ è Il prodotto più importante (cl clinicamente).

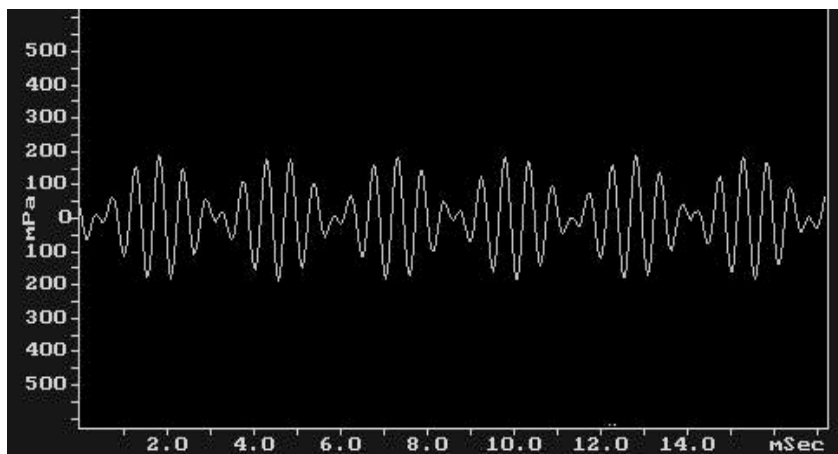
Terminologia

- Per capire bene I concetti relativi alle DPOAEs uno deve ricordare che :
 1. Alla base cocleare corrispondano le frequenze alte (ie la F_2)
 2. Quando presentiamo graficamente le frequenze cocleari, usiamo una rappresentazione diversa: Prima le frequenze basse (ie F_1) e dopo quelle alte.

Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

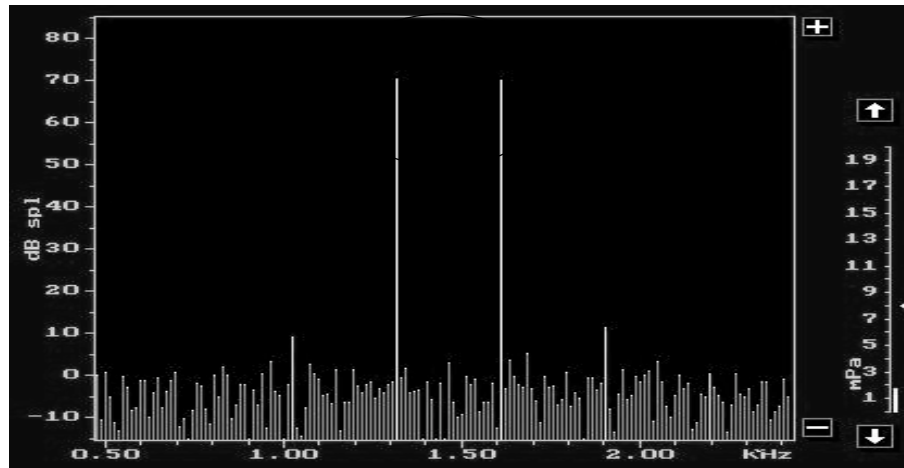
Che cosa succede quando la coclea è stimolata da due toni F_1 e F_2 che hanno fasi quasi simili (F_{ratio} tra 1.18 -1.30) ?



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

La coclea GENERA una serie di nuovi componenti acustici chiamati Prodotti di Distorsione



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

Esempi

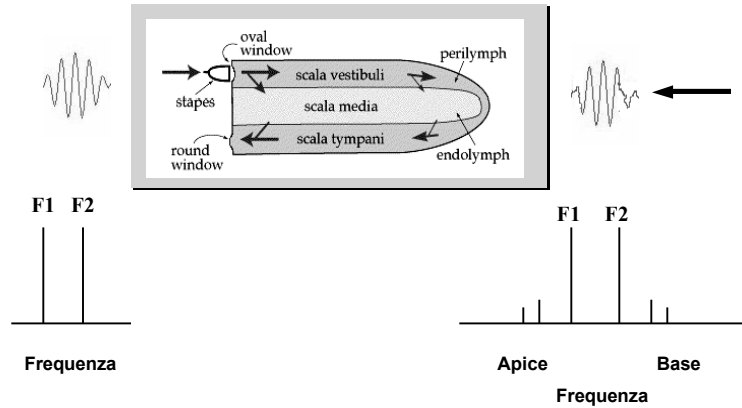
- $F_1 = 1000 \text{ Hz}$, $F_2 = 1200 \text{ Hz}$, $F_{\text{ratio}} = 1.2$
- $2F_1 - F_2 = 2 * 1000 - 1200 = 800 \text{ Hz}$
(componente più apicale !!!)
- $2F_2 - F_1 = 2 * 1200 - 1000 = 1400 \text{ Hz}$
(componente basale !!!)

Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

La distorsione teoricamente

Ingresso



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

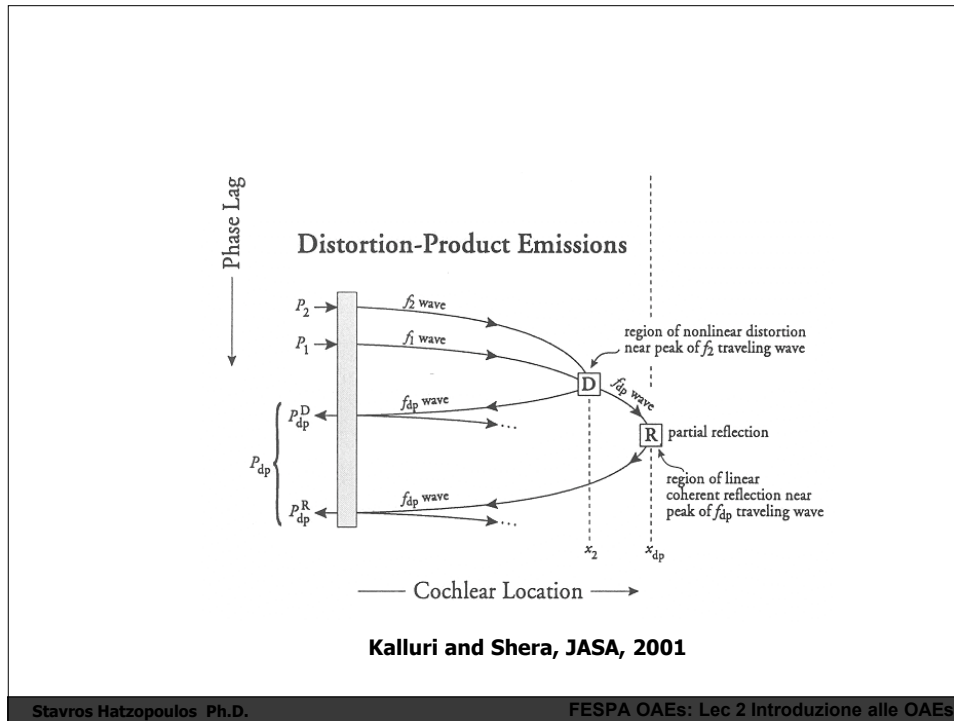
FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

Perchè la coclea genera questi nuovi componenti ?

La coclea ottimizzando la sua **tonotopicità** funziona come un sistema nonlineare (**saturazione / distorsione**) e distorce l'ingresso dei suoni complessi.

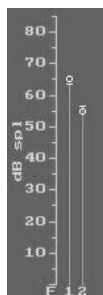
Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs



Parametri sperimentali

- I livelli delle primarie:



- ▶ Protocolli Simmetrici

- $L_1 = L_2 = 70 - 75$ dB SPL

- ▶ Protocolli Asimmetrici ($L_1 > L_2$)

- $L_1 = 65$ dB, $L_2 = 55$ fino a 50 dB SPL

Profilo tecnico delle DPOAE

- ▶ Stimoli : 50 - 75 dB SPL
- ▶ Per identificare meglio deficit uditivi si usano protocolli asimmetrici (ie 65-55, 65-50 etc)
- ▶ Sopra i 70 dB SPL, il vantaggio dei protocolli asimmetrici non vale più (ie 75-65 uguale a 70-70)
- ▶ Bandwidth: 1.5 k - 8.0 / 10.0 kHz

Caratteristiche DPOAE

- Prevalenza: > 100%.
- Ampiezza della risposta: dipende da :
 - ▶ Il livello e la frequenza dei toni primari.
 - ▶ Il rapporto F_{ratio} tra i toni primari .
 - ▶ I valori che usiamo clinicamente sono un COMPROMESSO tecnico.
- Latenza: Dipende da livello di stimolazione.
- Sovrapposizione : Il livello delle SOAEs influisce I valori DPOAE.

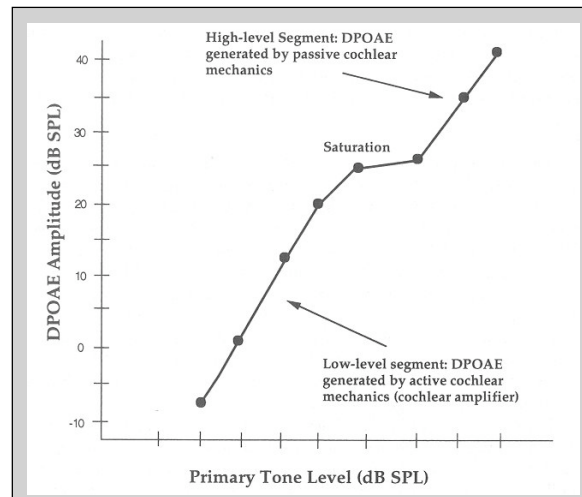
Modalità di presentazione

- DP-GRAM: Grafico che presenta l'ampiezza del prodotto $2F_1-F_2$ a varie frequenze (il livello dello stimolo è fissato ie 65-55)
- Funzione Input - Output : Grafico che presenta l'ampiezza del prodotto $2F_1-F_2$ a una frequenza ie 4 kHz (il livello dello stimolo varia)

Esempi

- Per una funzione INPUT-OUTPUT fissiamo la frequenza (ie $F_2 = 4000$) e testiamo tanti livelli di stimolazione così :
 - $L_1 - L_2$: 35-25, 40-30, 45-35, 50-40 dB SPL

Funzione Input- Output



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

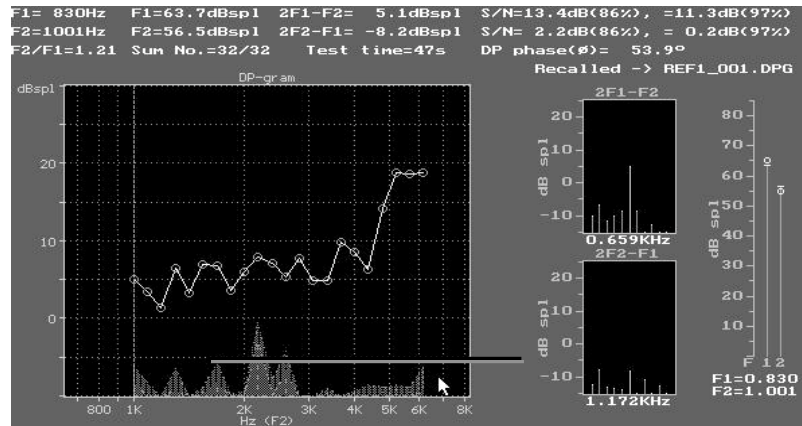
Esempi

- Per un DP-GRAM fissiamo lo stimolo (ie 65-55 dB SPL) e testiamo tante paia di frequenze così :
 - F_1 & F_2 : 1.0 & 1.2 kHz, 2.0 & 2.4 kHz, 3.0 & 3.6 kHz etc

Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

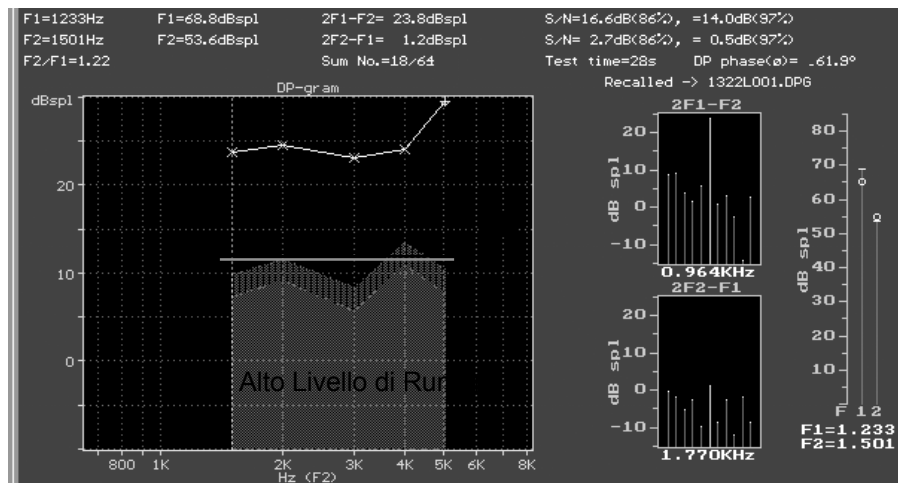
DP-gram



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

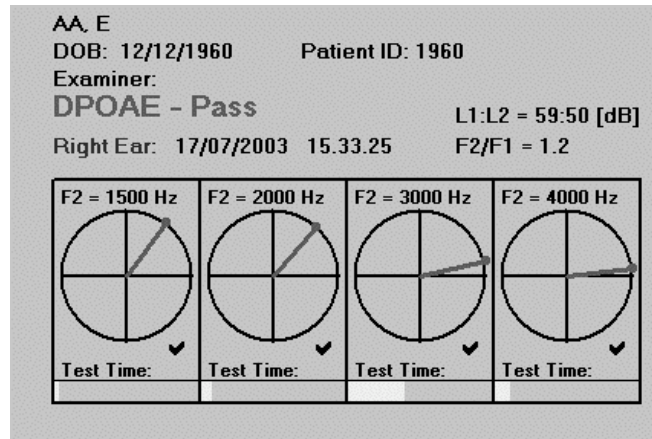
DPGRAM PCA= 39 set



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

DPOAE
AccuScreen



Riassunto

- Le risposte TEOAE sono evocate da stimoli transienti e sono registrate DOPO la durata dello stimolo.
- Le risposte DPOAEs sono evocate da due toni puri e sono registrate **SIMULTANEAMENTE** con gli stimoli.
- Entrambi le risposte mostano la stessa specificità in frequenza (risposte pre-neurali).

Fattori che influiscono le OAEs

- Sesso: I soggetti femminili mostrano segnali più ampi e S/N significativamente diversi di quelli da soggetti maschili (ruolo dell'estrogeno ??)
- Lato: Le risposte Dx sono più ampie di quelle Sx. (Asimmetria dell'sistema uditivo).
- Età: I neonatai hanno risposte con ampiezze elevate e spettri con tante frequenze alte. Gli adulti mostano risposte con un minore numero dei componenti spettrali.

Predizione della soglia uditiva

- Il classico concetto che suggerisce la mancanza delle OAEs a livelli di soglia superiori di 30 dB non è molto preciso. La microstruttura della soglia uditiva definisce la presenza o la mancanza delle OAEs.
- Prodotti di distorsione possono essere presenti anche con deficit uditivi superiori di 50 dB HL (alle frequenze medie).

- Le risposte OAEs sono molto influenzate dalla funzione di trasferimento (transfer function) dell'orecchio medio.
- Questo rapporto spiega meglio il perchè c'è una buona correlazione tra OAEs e la frequenza PTA a 2.0 kHz.

- Tanti lavori in letteratura hanno usato procedure statistiche molto elaborate (multivariate statistical analyses) e hanno mostrato buoni rapporti tra le OAEs e le frequenze 1.0 and 4.0 kHz (Gorga et al, 1996, 1998, 2000).
- Le DPOAEs sono correlate bene con le frequenze medio-alte (ie 2.0, 4.0 kHz) e le TEOAEs con le frequenze più basse (ie 1.0 kHz)

- Secondo un recente lavoro di Janssen et al (2003) è possibile estrapolare dai dati DPOAE (funzioni I/O) informazioni relative alla soglia uditiva fino deficit di 50 dB HL.

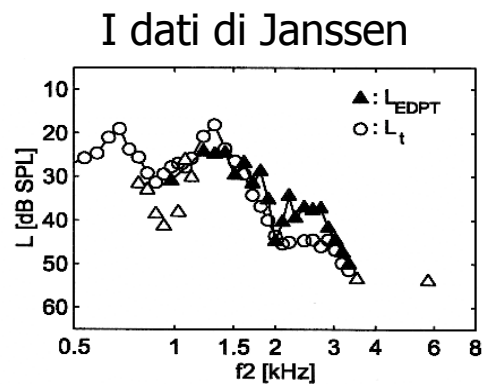
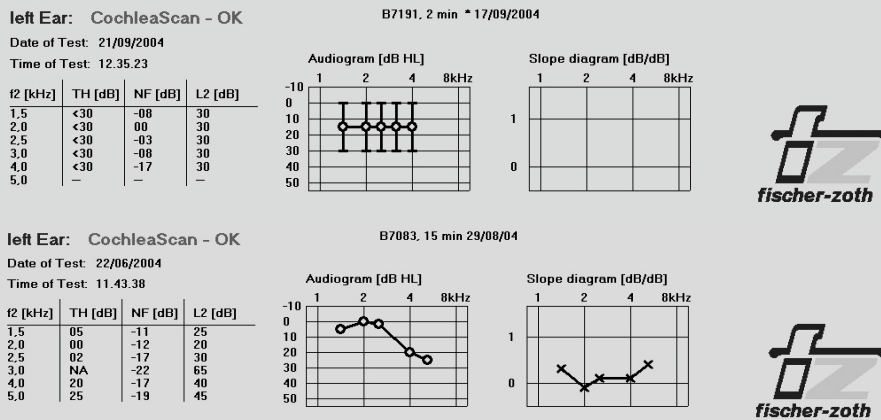


Fig.7: The pure tone threshold L_T (open circles) and the estimated DP threshold level L_{EDPT} (triangles) for subject S.I. are plotted as a function of f_2 . Filled triangles mark DP threshold values extrapolated from I/O-functions fulfilling the linear regression criteria,

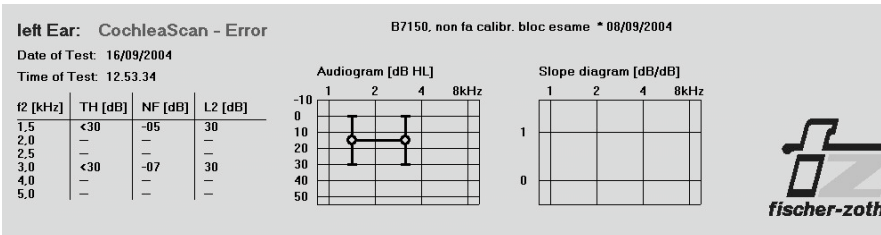
Cochlea-Scan)



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

Cochlea-Scan: Bambino che si muoveva



Stavros Hatzopoulos Ph.D.

FESPA OAEs: Lec 2 Introduzione alle OAEs

OAEs e la soglia uditiva

- Il PTA e le OAEs sono in accordo per i deficit uditivi che influiscono le CCE (perdite sensoriali).
- Il PTA e le OAEs non sono in accordo per deficit relativi all'orecchio medio o alle strutture uditive centrali.