

## Artículo Original

# *Estudio de la reproductibilidad del índice de crecimiento de la función entrada / salida de las emisiones otoacústicas por producto de distorsión\**

## *Repeatability of the growth rate of the input/output function of the evoked otoacoustic emissions distortion product*

**Dr. Jorge Luis Roig Ocampos<sup>1</sup>**  
**Prof. Dr. Otacilio Lopes Filho<sup>2</sup>**

- 
- 1) Profesor Asistente y Médico Agregado  
Cátedra de Otorrinolaringología  
Hospital de Clínicas – Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Asunción
  - 2) Profesor Titular.  
Departamento de Otorrinolaringología  
Santa Casa de São Paulo – Facultad de Ciencias Médicas de la Santa Casa de São Paulo
- \*) Tesis aprobada 2008 FCM - UNA

### RESUMEN

Las emisiones otoacústicas producto de distorsión (EOAPD), obtenidas a través de la función Entrada/Salida (E/S), evalúan una mayor extensión del área responsable por la compresión no-línea del estímulo acústico. Son pocos los autores que estudiaron la reproductibilidad refiriéndose específicamente a la función E/S de las EOAPD. El índice de crecimiento es el único dato uniforme entre las otras características de esta función. Hay falta de datos normativos útiles para uso clínico. Este estudio propone hacer un análisis descriptivo en individuos con audición normal. Participaron 16 individuos (24 oídos). Se determinó la reproductibilidad de la función E/S de las EOAPD centrada en el índice de crecimiento, tanto entre diferentes individuos, como en el mismo individuo en relación al tiempo. Los datos fueron tratados a través de análisis estadístico. Conseguimos demostrar que los datos de las funciones E/S de las EOAPD son iguales para repeticiones a lo largo del tiempo y para los diferentes oídos (derecho/izquierdo). Conseguimos un valor de índice de crecimiento único que varía con la frecuencia impuesta y se ajusta para cualquier individuo dentro de un trecho de estímulo. Se concluye que, en la población estudiada, el valor del índice de crecimiento calculado fue semejante entre los individuos y fue reproductible en relación al tiempo.

### SUMMARY

Distortion-product otoacoustic emissions (DPOAEs) obtained through the input/output function (I/O) evaluate a bigger extension of the area responsible for the nonlinear compression of the acoustic signal. There are few authors who had studied the reproducibility specifically mentioning itself to function I/O of the EOAPD. The growth index of the I/O function of the DPOAEs is the only consistent data among others characteristics from this function. It lacks of valuable normative data for clinical use. The purpose of this study is to make a descriptive analysis of individuals with normal hearing. There were 16 individuals in the study (24 ears). The reproducibility of the I/O function from the DPOAEs centered in the index of growth between different individuals, as much as in the same individual in relation to the time, was determined. Statistic analysis were used to treat the data. We showed that the data from the I/O

function of the DPOAEs is equal for the repetitions through the time and for the different ears (right/left). We obtain an only value that varies with a imposed frequency and it is adjustable for any individual between that period of stimuli. It was concluded that, in the studied population, the value of the calculated growth rate was similar between the individuals and it was reproducible in relation to the time.

## INTRODUCCIÓN

El movimiento de la membrana basilar secundaria a un estímulo acústico externo es modificado por un proceso activo, de amplificación, inherente a la cóclea, producido por las propiedades motoras de las células ciliadas externas (CCE). Ese mecanismo ocasiona una mayor sensibilidad auditiva y una mejor discriminación de frecuencias <sup>(1,2,3)</sup>.

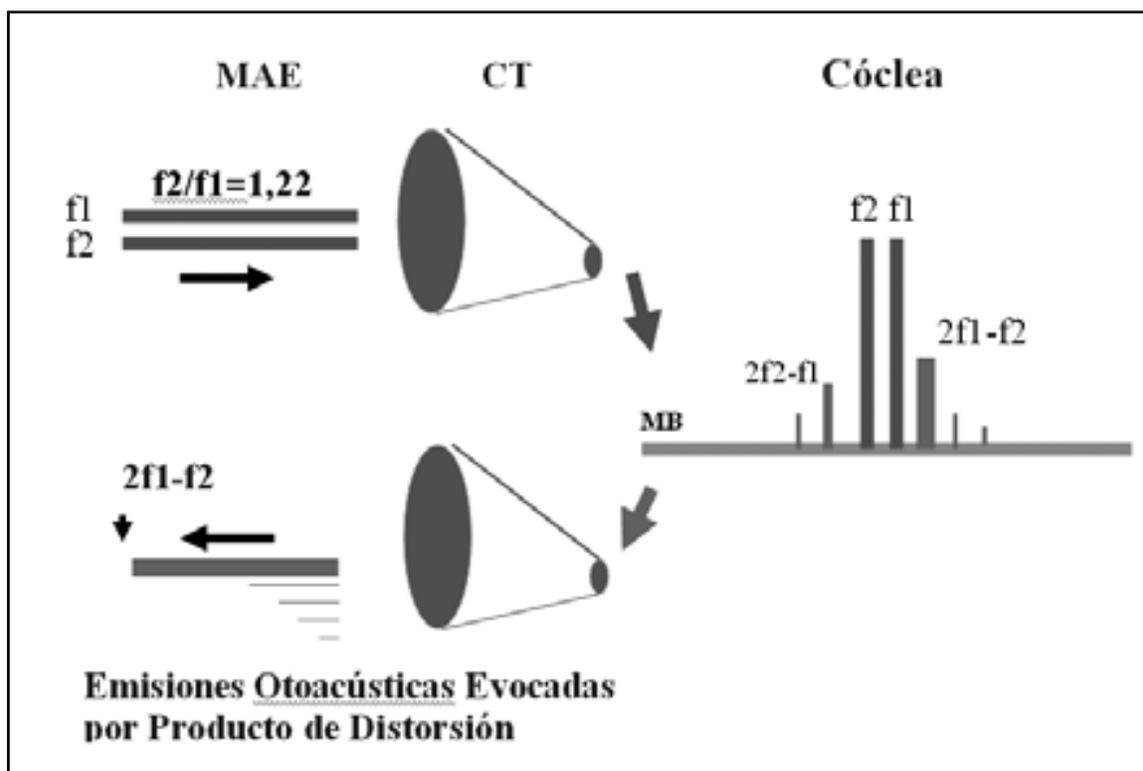
Las emisiones otoacústicas por producto de distorsión (EOAPD), introducidas por Kemp <sup>(4)</sup> en 1979, son energías acústicas, producto del mecanismo amplificador coclear, detectadas en el meato auditivo externo, que permite evaluar la integridad de este proceso activo (*Figura 1*)

Lonsbury-Martin et al <sup>(5)</sup>, en 1991, se refirieron a la existencia de dos protocolos para la obtención de las EOAPD:

- 1- El DP-gram o, segundo Lopes Filho, Carlos <sup>(6)</sup>, el audiococleograma en el cual la intensidad del estímulo es fija y la frecuencia varía.
- 2- La Respuesta / Crecimiento o función Entrada / Salida (E/S), menos utilizada en la práctica clínica, en la cual una frecuencia predeterminada y fija es producida en una secuencia de niveles de estímulo primario, obteniéndose la curva de crecimiento de la función E/S.

Esta última es una forma menos utilizada en la práctica clínica, aunque es capaz de estudiar la cóclea en una mayor extensión dinámica y evalúa una mayor extensión del área responsable del proceso activo amplificador coclear.

A través de una experiencia clínica, en consultorio (comunicación personal\*), se observó en un paciente con deficiencia auditiva sensorial, sometido al test de la función E/S de las emisiones otoacústicas por producto de distorsión, un comportamiento curioso: ausencia de respuesta a bajas intensidades de estímulo y una respuesta prácticamente normal a es-



**FIGURA 1:** Gráfico mostrando el estímulo acústico en el MAE (líneas color verde), el producto de distorsión sobre la MB (líneas color rojo), las EOAPD detectadas en el MAE. Meato acústico externo (MAE), caja timpánica (CT), membrana basilar (MB), f1: frecuencia menor, f2: frecuencia mayor.

\*) Lopes Filho, 1999. Comunicación personal

tímulos mayores. Ese hallazgo recuerda el fenómeno de reclutamiento de volumen.

Considerando el reclutamiento de volumen como un fenómeno que caracteriza a las alteraciones sensoriales de la audición, y herramienta importante en la elaboración del topo-diagnóstico, principalmente en el diagnóstico diferencial entre afecciones cocleares y retrococleares<sup>(7,8)</sup>, la búsqueda del reclutamiento de volumen por medio de métodos objetivos, que reflejen exclusivamente el estado funcional coclear podría ser el próximo camino a seguir.

Así surgió el interés en estudiar la función E/S de las EOAPD, se realizó, como primer paso, una exhaustiva revisión bibliográfica sobre el tema<sup>(9)</sup>, y se constató que no existe, en la literatura levantada, datos definidos que permitan concluir sobre la utilidad clínica de la función E/S de las EOAPD, como método de evaluación audiológico.

La función E/S de las EOAPD puede ser dividida en dos sub-tópicos: el formato de la curva y las características cuantitativas. Entre estos dos sub-tópicos, las características cuantitativas ofrecen mayor aplicabilidad clínica por no depender de la subjetividad del observador

Estas características incluyen:

- el índice de crecimiento
- la extensión dinámica
- la amplitud máxima y la saturación
- el limiar de detección

Según Roig Ocampos<sup>(9)</sup>, la extensión dinámica, la amplitud máxima, la saturación y el limiar de detección son características cuantitativas sujetas a muchas variables, lo que limita su uso en la práctica clínica. También, según Tiradentes et al<sup>(10)</sup>, entre las informaciones que ofrece la función E/S de las EOAPD, aún no está claro cual de los parámetros ofrece mayores informaciones.

Por otro lado, varios autores reportaron una gran variabilidad de amplitud de la función E/S de las EOAPD entre los individuos<sup>(11-15)</sup>.

Ya, el índice de crecimiento (IC) se mostró uniforme. La mayoría de los autores<sup>(2,11,12,14,16-21)</sup> evidenciaron, en la función E/S, un IC menor a 1 dB/dB.

En un estudio de revisión<sup>(3)</sup>, se refirieron al comportamiento de la cóclea que, funcionando normalmente, a intensidades crecientes de estímulo acústico, es altamente compresiva. La compresión implica en una mayor ganancia del amplificador coclear, a niveles bajos de estímulo, comparada a la producida a niveles altos. Según Gher et al<sup>(22)</sup> (2004), a través del cálculo del IC de la función E/S de las EOAPD se puede estimar la compresión del amplificador coclear.

El IC es definido como la proporción de crecimiento de las amplitudes de las emisiones otoacústicas, en función del incremento del nivel de los tonos

primarios<sup>(5)</sup>.

Según Gaskill, Brown<sup>(16)</sup> y Popelka et al<sup>(23)</sup>, el IC puede ser considerado como un dato objetivo útil para el análisis de la función E/S, pero aún merece ser mejor estudiado.

La reproductibilidad es una característica fundamental en cualquier test clínico. Es bien conocida la reproductibilidad de las EOAPD, permitiendo la utilización en el monitoreo de la función coclear<sup>(24)</sup>. Aunque son pocos los autores que estudiaron la reproductibilidad refiriéndose específicamente a la función E/S de las EOAPD<sup>(5,11,12,14,15,25-31)</sup>.

Por lo tanto, en el afán de encontrar, a través de la función E/S de las EOAPD, datos uniformes de utilidad clínica, este estudio propone hacer un análisis descriptiva en sujetos con audición normal y determinar la reproductibilidad de la función E/S de las EOAPD centrada en el índice de crecimiento, tanto entre diferentes sujetos, como en el mismo sujeto en relación al tiempo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Casuística

Fue hecha la colecta en 24 oídos de 16 individuos de ambos sexos, voluntarios sanos, funcionarios de la Santa Casa, en la Santa Casa de Misericórdia de São Paulo en el período de marzo del 2003 hasta marzo del 2005. Los criterios de inclusión fueron:

edad comprendida entre 20 a 35 años;

limiar auditivo igual o menor que 20 dB NA en las frecuencias 250; 500; 1000; 2000; 4000; 6000; 8000 Hz;

- índice de reconocimiento de la palabra > 88 %;
- impedanciometría normal
- sin pasado otológico (infección; ototóxicos; exposición al ruido) y antecedentes familiares;
- audiocolceograma dentro del área de la normalidad en las frecuencias 1000; 1500; 2000; 3000; 4000 y 6000 Hz.

Fueron excluidos los individuos que presentaron Emisiones Otoacústicas Espontáneas 50 Hz inferior o superior a las frecuencias en estudio.

En ocho individuos, los datos fueron colectados bilateralmente (Grupo bilateral) y en ocho individuos, el test fue realizado unilateralmente (Grupo unilateral). En el segundo, el test fue realizado solamente en un oído por los siguientes motivos:

cuatro oídos no completaron los criterios de inclusión, por presentar audiocolceograma por debajo de la normalidad del aparato, en una o mas frecuencias;

cuatro oídos fueron excluidos, por presentar EOAE próximo a las frecuencias en estudio.

Cada individuo fue debidamente informado, en

relación al término de consentimiento libre y esclarecido.

#### **Método:**

Estudio observacional del tipo descriptivo y prospectivo.

El test fue precedido por la otoscopia, audiometría tonal, logoaudiometría e impedanciometría. Cada individuo fue colocado en una sala silenciosa, sentado en una silla confortable. El individuo fue advertido a permanecer en silencio durante toda la realización del estudio. Se verificó que la sonda en el meato acústico externo tenga un ajuste apropiado. Fue realizado audiococleograma en las frecuencias 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 y 6000 Hz a 70 dB NPS. Se estudió la función entrada / salida de producto de distorsión en las frecuencias 1000, 2000 y 4000 Hz, iniciando en 40 dB NPS y aumentando hasta 70 dB NPS, con intervalos de 5 dB. El estímulo acústico utilizado fue  $L1=L2$  y la relación de  $F2/F1$  de 1,22. La respuesta fue considerada presente, cuando la relación señal/ruido resultó igual o mayor a 3 dB NPS. Fueron obtenidas también las emisiones otoacústicas espontáneas. La evaluación fue hecha en dos sesiones, con intervalo (entre-sesiones) de un a tres meses. Antes de la realización de la segunda sesión, el individuo fue examinado a través de la otoscopia e impedanciometría para evaluación del estado funcional del oído medio.

Se utilizó el aparato de Emisiones Otoacústicas Celesta 503 (MADSEN Electronics). Audiómetro clínico AC40 calibrado según la "International Standards Organization (ISO)". Impedanciometro Madsen OS100-2.

#### **Análisis estadístico:**

Para poder afirmar que el número de muestra representa una población normal, se aplicó el test de normalidad. Por otra parte, fue empleado el software Minitab y las pruebas fueron elegidas de acuerdo al número de muestras empleadas: para muestras con tamaño  $\geq 5$   $n \leq 50$ , fue empleada la prueba de Rayan Joiner (Shapiro-Wilk) y de Kolmogorov-Smirnov para muestras  $n \geq 50$ .

Empleando la Tabla 13.A (Cumming & Hulley, 1988), se pudo verificar que el  $n=16$  individuos corresponde a valores de alfa igual a 0,05, beta igual a 0,20 y E/S (efecto patrón del tamaño) igual a 1, lo que significa un efecto de tamaño igual al desvío estándar.

Fue aplicado el test t con dos muestras en par para media, conducido en el software Exel®.(Rodríguez, Iemma 2005).

## **RESULTADOS**

1-Estudio de la función Entrada/Salida (E/S) de

las EOAPD:

En el análisis subjetivo de las curvas, la función E/S de las EOAPD mostró diferentes tipos de formatos. las curvas de aspecto rectilíneo, o sea, diferentes a una recta, predominaron.

Ni todos los oídos presentaron respuestas en la extensión total de la intensidad del estímulo primario. Eso fue mas evidente en la frecuencia de 2000 Hz

Considerando el predominio de formatos de aspecto no rectilíneos, no fue posible obtener un valor único de índice de crecimiento para la función E/S de las EOAPD, dado su comportamiento no lineal. Un valor único de índice de crecimiento para cada frecuencia empleada fue estadísticamente aceptado, al observar las regiones lineares de la función E/S de las EOAPD.

El análisis de los datos fue realizado en tres etapas:

*1.1-Primera etapa. Análisis de las repeticiones de las sesiones.*

Para verificar si los resultados obtenidos en las primeras y segundas sesiones fueron estadísticamente iguales (Hipótesis  $H_0$  aceptada), fue aplicado el test t con dos muestras en par para media, conducido en el software Exel®. Fueron nueve pares de muestras empleadas en este test. Tres diferentes oídos (derecho, izquierdo y unilateral) y tres diferentes frecuencias para cada oído.

Según el conjunto total de los datos, incluyendo ambas sesiones, para cada frecuencia y para cada grupo de oídos (oído derecho e izquierdo del grupo bilateral y el grupo de oído unilateral) no hay evidencias de que las muestras provengan de poblaciones con medias diferentes, o sea, son estadísticamente iguales.

*1.2-Segunda etapa. Análisis de la semejanza entre datos del oído derecho e izquierdo.*

Para verificar si los resultados obtenidos en la primera y segunda sesión de los oídos derecho e izquierdo fueron estadísticamente iguales (Hipótesis  $H_0$  aceptada), nuevamente fue aplicado el test con dos muestras en par para media, conducido no software Exel®. Se emplearon tres pares de muestras en este test: 1ª y 2ª sesión OD x 1ª y 2ª sesión OI en las tres diferentes frecuencias.

Según el conjunto total de los datos, incluyendo ambas sesiones, para cada frecuencia y para los grupos de oídos derecho e izquierdo del grupo bilateral hay evidencias, en la frecuencia de 2000 Hz, de que las muestras provienen de poblaciones con medias diferentes, o sea, en las frecuencias 1000 Hz y 4000 Hz, la hipótesis de media idéntica fue aceptada, en cuanto que en la frecuencia 2000 Hz, la hipótesis fue rechazada.

Al trazar figuras con todos los datos empleados en este test, para las frecuencias de 1000, 2000 y

4000 Hz, obtenemos los **Gráficos 1, 2 y 3**, respectivamente.

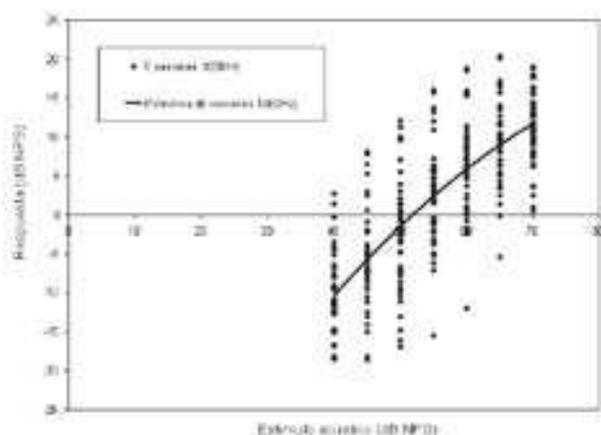
Comparando los tres gráficos, observamos que el **gráfico 2** presenta mayores desvíos en las respuestas (eje y), concentrados particularmente en la región no-lineal, que comprende el trecho de estímulo acústico de 40 a 55 dB NPS.

Un comportamiento semejante puede ser también identificado en la frecuencia de 4000 Hz. En el gráfico 1, de frecuencia igual a 1000 Hz, se observa saturación a partir de 60 dB NPS del estímulo acústico primario.

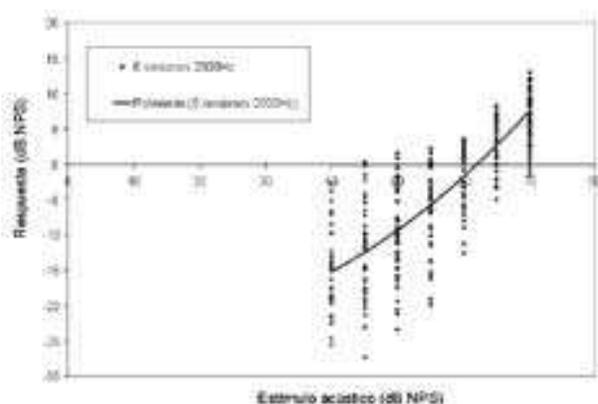
Si excluimos el trecho de 40 a 55 dB para la frecuencia de 2000 Hz, cuyos datos presentan desvíos mayores en las respuestas, el test estadístico acepta la hipótesis establecida.

*1.3-Tercera etapa: Identificación de un único índice de crecimiento para los 16 individuos.*

Tomando los trechos lineares: 40 a 60 del estímulo primario para frecuencias de 1000 Hz, 55 a 70 del estímulo primario para la frecuencia de 2000 Hz y 55 a 70 del estímulo primario para la frecuencia de 4000 Hz para los 16 individuos, se obtiene el **Gráfico 4**.



**GRÁFICO 1:** Total de datos empleados para el test para frecuencia de 1000 Hz

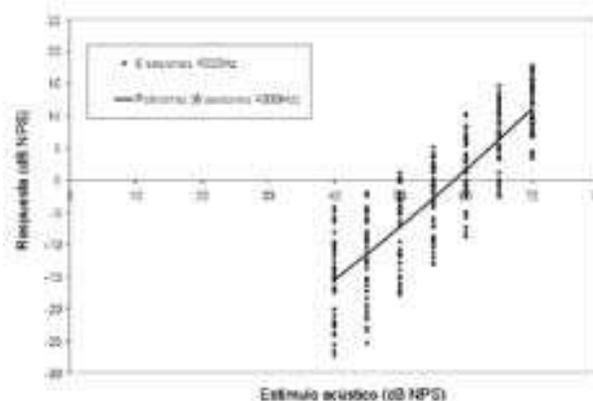


**GRÁFICO 2:** Total de datos empleados para el test para frecuencias de 2000 Hz

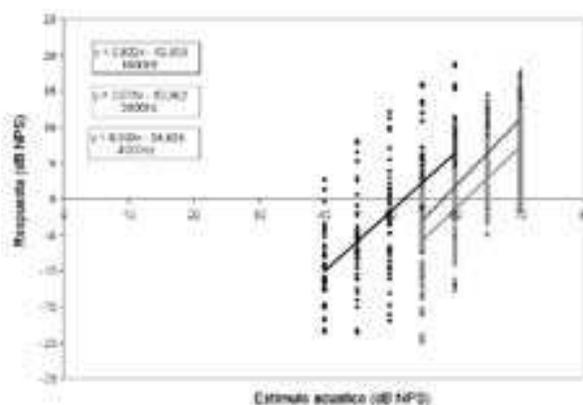
En el **gráfico 4**, para cada frecuencia es identificada una línea de tendencia, recta del tipo  $y=ax+b$ , con coeficiente angular (índice de crecimiento) de 0,822 (1000Hz), 0,875 (2000Hz) y 0,939 (4000Hz). Se observan valores parecidos, para los coeficientes angulares y bastante dispersión, para los coeficientes lineales (variando con los diferentes individuos).

De esta manera, tomando todos los índices de crecimiento de los 8 individuos del grupo bilateral (OD, OI, 1ª e 2ª sesiones para cada frecuencia) y de los 8 individuos del grupo unilateral (OD u OI, 1ª e 2ª sesiones para cada frecuencia), fue posible encontrar un valor de índice de crecimiento para cada frecuencia empleada. El resultado es mostrado en la Tabla 1. Los datos no mostrados fueron excluidos por presentar coeficientes de correlación,  $r$ , menor que 0,9.

Según el conjunto de todos los coeficientes angulares (índices de crecimiento), incluyendo ambas sesiones y ambos grupos de oídos (bilateral y unilateral) para las tres frecuencias distintas, se puede decir que existe un índice de crecimiento para cada frecuencia. En este sentido, al relacionar los índices de crecimiento con las frecuencias respectivas, se



**GRÁFICO 3:** Total de datos empleados para el test para frecuencias de 4000 Hz



**GRÁFICO 4:** Trechos lineares para los estímulos primarios en las frecuencias 1000, 2000 e 4000 Hz. A la derecha del gráfico la ecuación correspondiente a cada frecuencia.

puede observar una relación linear entre ellos, con coeficiente de correlación de 0,9933. (Gráfico 5)

Siendo así, la población puede ser representada con un único índice de crecimiento para una frecuencia determinada, según la ecuación Frecuencia = 60187 \* Índice de crecimiento - 52116. El valor del intervalo de confianza adoptado para el grado de certeza de 95 % fue igual a 0,14, por ser este el valor máximo entre las tres frecuencias empleadas (Tabla 1).

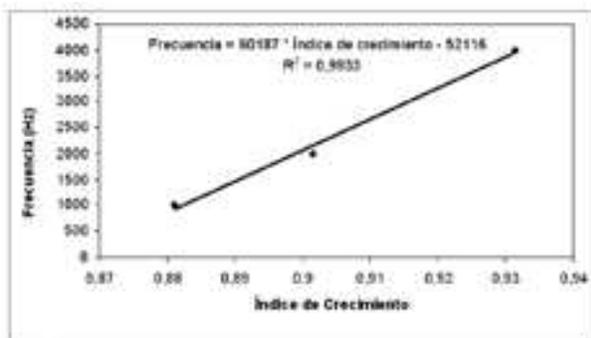


GRÁFICO 5: Medida do índice de crecimiento de las frecuencias 1000, 2000 e 4000 Hz. Línea azul: relación linear.

GRÁFICO 5: Medida do índice de crecimiento de las frecuencias 1000, 2000 e 4000 Hz. Línea azul: relación linear.

**TABLA 1 - Índice de crecimiento de los 8 individuos del grupo bilateral (OD, OI, 1ª e 2ª sesiones para cada frecuencia) y de los 8 individuos del grupo unilateral (OD u OI, 1ª e 2ª sesiones para cada frecuencia).**

Individuo	Frecuencia		
	1000Hz	2000Hz	4000Hz
1	0,78	0,9841	0,905
2	0,9046	0,979	0,8995
3	0,7884	-	0,8684
4	0,8496	0,944	0,9434
5	0,9487	0,7385	0,944
6	0,9161	1,2113	0,845
7	-	1,0994	1,1005
8	0,9344	1,015	1,0625
9	0,593	0,912	1,294
10	0,926	0,518	0,932
11	0,669	0,578	0,7853
12	-	1,314	0,768
13	1,31	0,689	0,61
14	1,031	0,567	1,0227
15	0,489	-	0,9915
16	1,1956	1,072	0,9305
Media	0,8811	0,901521	0,931394
Desvío Estándar	0,218047	0,247656	0,153624
Int.Confianza	0,125896	0,142992	0,08186

## DISCUSIÓN

El método de obtención de la función E/S de las EOAPD varia según los autores. Se observan estímulos primarios cuyas intensidades tienen relación fija ( $L1=L2$  o  $L1 \neq L2$ ), o sea, las intensidades varían en igual magnitud. Por otro lado, estímulos primarios basados en fórmulas, ( $L1=0,4L2+39$  dB), en la cual la relación  $L1$  y  $L2$  no es fija, varia según la intensidad de  $L2$ .

Existen también otros parámetros que varían entre los autores en mayor o menor grado, como el trecho de intensidades consideradas, las frecuencias elegidas, el tipo de promediación de la señal y la relación señal/ruido.

Esa variedad de parámetros en la metodología del test torna difícil comparar resultados y definir su utilidad en la rutina clínica<sup>(9)</sup>. Por ese motivo, establecer datos normativos propios, utilizando el aparato de emisiones otoacústicas del Departamento de Otorrinaringología de la Facultad de Ciencias Médicas de la Santa Casa de São Paulo en la población ahí atendida, fue una necesidad.

En la intención de calcular el índice de crecimiento de la función E/S de las EOAPD, encontramos funciones o curvas de aspecto polimorfos. Sometidas a un análisis subjetiva, la curva de crecimiento de aspecto rectilíneo representó la minoría de las funciones. Eso coincide en cierta medida con la literatura: la mayoría de los autores hizo el cálculo del índice de crecimiento por trechos de curva, lo que induce a pensar de la existencia de funciones con formatos variables, lo que imposibilitó otorgar a la función E/S un único valor.

Así, algunos autores seleccionaron trechos de curva y realizaron el cálculo del IC en ese intervalo<sup>(2,11,17)</sup>. Ya, otros autores<sup>(19,20,21)</sup>, dividieron la función E/S en porciones, haciendo el cálculo del IC en cada porción, evaluando la extensión total de la curva. Nuestros datos fueron tratados de manera semejante, elegimos trechos de curva de comportamiento rectilíneo y calculamos el índice de crecimiento en esos trechos (Gráfico 4).

Para llegar a nuestro objetivo, en primer lugar, los datos fueron analizados estadísticamente y conseguimos demostrar que los datos de la función E/S de las EOAPD son iguales para las repeticiones a lo largo del tiempo y para los diferentes oídos (derecho e izquierdo). Ese resultado está acorde con la mayoría de los autores<sup>(11,12,14,25,28,31)</sup>. Ellos relataron una alta reproducibilidad intra-sesiones y entre-sesiones de la función E/S de las EOAPD.

Considerando esos resultados previos y abarcando solamente aquel trecho rectilíneo de la función E/S, calculamos el índice de crecimiento incluyendo

el conjunto total de datos, o sea, en aquellos trechos, ambas sesiones y ambos oídos (derecho e izquierdo) y conseguimos un valor único que varía con la frecuencia impuesta y se ajusta para cualquier individuo, dentro de aquel trecho de estímulo (**Tabla 1**).

El resultado de los datos tiene por lo menos dos semejanzas con la literatura:

- 1- un número menor que uno
- 2- un número creciente para frecuencias crecientes

La mayoría de los autores, incluso que no hayan utilizado los mismos parámetros de estímulo<sup>(2,11,12,14,16-19,20,21)</sup> evidenciaron, en la función E/S, un índice de crecimiento menor que 1 dB/dB. Ese mismo valor de índice de crecimiento inferior a 1 dB/dB, también fue conseguido en nuestros resultados.

El hecho de encontrar un índice de crecimiento en media con valor inferior a 1 dB/dB significa que el crecimiento de la respuesta en aquellos trechos de curva fue menor, cuando comparado al incremento de la intensidad del estímulo primario. Eso nos induce a pensar en la existencia de una respuesta compresiva, en aquellos trechos, lo que coincide en cierta medida con observaciones previas, referentes al comportamiento compresivo del mecanismo activo de amplificación coclear en oídos normales<sup>(3,22)</sup>.

Conseguimos un valor de IC único que varía con la frecuencia impuesta y observamos una relación lineal entre el índice de crecimiento y las frecuencias en estudio (**Gráfico 5**). Algunos autores evidenciaron un comportamiento similar a nuestros resultados<sup>(10,12)</sup>.

El valor del índice de crecimiento calculado fue semejante entre los individuos. Así, como observamos en la tabla 7, los valores de índice de crecimiento conseguidos para cada frecuencia (1000; 2000; y 4000 Hz) fueron: 0,88; 0,90 y 0,93 con DE de 0,22; 0,25 y 0,15 e intervalo de confianza de 0,12; 0,14 y 0,08 respectivamente. Pocos autores se refieren a la variabilidad del IC de la función E/S de las EOAPD entre los sujetos. Así, Gaskill, Brow<sup>(16)</sup>, describe una media de IC de 0,91 dB/dB, con desvío estándar de 0,09. Un resultado uniforme fue observado dentro del grupo de sujetos incluidos por Dorn en al<sup>(21)</sup>.

Ya Nelson, Kimberley<sup>(18)</sup>, aparte de haber encontrado valores medios de IC muy bajos de 0,34 a 0,56 dB/dB, evidenciaron resultados muy variables entre las frecuencias y entre los individuos, cuyo valor varió de 0 a mayor a 1 dB/dB. Esos resultados podrían ser explicados por el hecho del cálculo del IC haber sido hecho muy próximo al limiar de respuesta de la función E/S de las EOAPD.

Se observamos el **gráfico 4**, que ilustra solamente los trechos lineares de la función E/S, constatamos

valores parecidos para los coeficientes angulares (índice de crecimiento) y bastante dispersión para los coeficientes lineares (variando con los diferentes individuos). Esa observación sugiere que el coeficiente angular es un dato más uniforme, cuando comparado con las amplitudes de las respuestas. En otras palabras, las amplitudes de las respuestas son variables entre los individuos, aunque el índice de crecimiento es un dato más uniforme entre los individuos. Eso indica que el IC podría ser considerado un dato útil en la clínica. La gran variabilidad de la amplitud de la función E/S de las EOAPD entre los individuos fue referida por varios autores<sup>(11-15,31)</sup>.

En concordancia con Lasky et al<sup>(12)</sup> y Lasky et al<sup>(14)</sup> la variabilidad de las amplitudes de la respuesta de la función E/S de las EOAPD podría ser debida a varios factores. Pero considerando que hubo buena reproductibilidad en función al tiempo, esa variabilidad no puede ser atribuida a errores de medición, si a una característica propia del sujeto.

Con relación a la reproductibilidad del índice de crecimiento de la función E/S de las EOAPD en función del tiempo, considerando que los datos de la función E/S de las EOAPD son iguales para las repeticiones a lo largo del tiempo, podemos afirmar que el índice de crecimiento si repetido después de un mes o tres meses, deberá presentar resultados semejantes, dentro de aquellos valores calculados para cada frecuencia, con margen de seguridad de 95 %.

En concordancia con otros autores<sup>(26,29)</sup>, y considerando que el número de sujetos incluidos en el estudio no es suficiente para una generalización de los resultados, estudios con casuísticas mayores serán necesarios para definir parámetros y el límite de variación normal entre test e retest.

Aún, según Shaffer et al<sup>(15)</sup> e Shera<sup>(30)</sup>, afirmar que las emisiones otoacústicas evocadas producto de distorsión sean el resultado de un solo mecanismo parecería incorrecto. Existen, según los autores, dos mecanismos diferentes de generación. Esos mecanismos dieron sitio a nuevos estudios, que en el futuro podrían ratificar o inclusive rectificar los conceptos actuales.

## CONCLUSIONES

Podemos afirmar que, en la población estudiada:

El valor del índice de crecimiento calculado de la función E/S de las EOAPD fue semejante entre los individuos.

El valor de índice de crecimiento calculado de la función E/S de las EOAPD fue reproductible en relación al tiempo.

## REFERENCIAS

- 1- Oliveira, JÁ. Fisiologia clínica da audição – cóclea ativa. In: Lopes Filho O, Campos CA. Tratado de otorrinolaringologia. São Paulo; Rocha; 1994. p.510-30.
- 2- Abdala C. Distortion product otoacoustic (2f1-f2) amplitude growth in human adults and neonates, *J Acoust Soc Am* 2000;107(1):446-56.
- 3- Oxenham AJ, Bacon SP. Cochlear compression: perceptual measures and implications for normal and impaired hearing. *Ear Hear* 2003;24(5):352-66.
- 4- Kemp DT. Evidence of mechanical nonlinearity and frequency selective wave amplification in the cochlea. *Arch Otorhinolaryngol* 1979;224(1-2):37-45.
- 5- Lonsbury-Martin BL, Whitehead ML, Martin GK. Clinical applications of otoacoustic emissions. *J Speech Hear Res* 1991;34(5):964-81.
- 6- Lopes Filho O, Carlos R. Produtos de distorção das emissões otoacústicas. *Rev Bras Otorrinolaringol* 1996;3(5):224-37.
- 7- Fowler, EP. The recruitment of loudness phenomenon. *Laryngoscope* 1950;60(7): 680-95.
- 8- Metz O. Threshold of reflex contractions of muscles of middle ear and recruitment of loudness. *AMA Arch Otolaryngol* 1952;55(5): 536-43.
- 9- Roig-Ocampos JL. Análise crítica das emissões otoacústicas de produto de distorção função entrada saída em seres humanos . [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo;2001.
- 10- Tiradentes JB, Coube CZ, Costa Filho OA. Estudo do padrão de respostas das curvas de crescimento (dp growth rate) das emissões otoacústicas produto de distorção em indivíduos com audição normal. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2002;68(1):21-6.
- 11- Lonsbury-Martin BL, Harris FP, Stanger BB, Hawkins MD, Martin GK. Distortion product emissions in humans. I. Basic properties in Normally Hearing Subjects. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 1990;147:3-14.
- 12- Lasky R, Perlman J, Hecox K. Distortion-product otoacoustic emissions in human newborns and adults. *Ear Hear* 1992;13(6):430-40.
- 13- He N-j, Schmiedt RA. Fine structure of the 2f1-f2 acoustic distortion product: changes with primary level. *J Acoust Soc Am* 1993;94(5):2659-69.
- 14- Lasky RE, Snodgrass E, Hecox K. Distortion-product otoacoustic emission input/output functions as a function of frequency in human adults. *J Am Acad Audiol* 1994;5(3):183-94.
- 15- Shaffer LA, Withnell RH, Dhar S, Lilly DJ, Goodman SS, Harmon KM. Sources and mechanisms of DPOAE generation: implications for the prediction of auditory sensitivity. *Ear Hear* 2003;24(5):367-79.
- 16- Gaskill SA, Brown AM. The behavior of acoustic distortion product, 2f1-f2, from the human ear and its relation to auditory sensitivity. *J Acoust Soc Am* 1990;88(2):821-38.
- 17- Bonfils P, Avan P. Distortion-product otoacoustic emissions. Values for clinical use. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1992;118(10):1069-76.
- 18- Nelson DA, Kimberley BP. Distortion-product emissions and auditory sensitivity in human ears with normal hearing and cochlear hearing loss. *J Speech Hear Res* 1992;35(5):1142-59.
- 19- Popelka GR, Osterhammel PA, Nielsen LH, Rasmussen AN. Growth of distortion product otoacoustic emissions with primary-tone level in humans. *Hear Res* 1993;71(1-2):12-22.
- 20- Kummer P, Janssen T, Arnold W. The level and growth behavior of the 2f1-f2 distortion product otoacoustic emission and its relationship to auditory sensitivity in normal hearing and cochlear hearing loss. *J Acoust Soc Am* 1998;103(6):3431-44.
- 21- Dorn PA, Konrad-Martin D, Neely ST, Keefe DH, Gorga EC, Gorga MP. Distortion product otoacoustic emission input/output functions in normal-hearing and hearing-impaired human ears. *J Acoust Soc Am* 2001;110(6):3119-31.
- 22- Gher DD, Janssen TH, Michaelis ChE, Deingruber K, Lamm K. Middle ear and cochlear disorders result in different DPOAE growth behaviour: implications for the differentiation of sound conductive and cochlear hearing loss. *Hear Res* 2004;193(1-2):9-19.
- 23- Popelka GR, Karzon RK, Arjmand EM. Growth of the 2f1-f2 distortion product otoacoustic emission for low-level stimuli in human neonates. *Ear Hear* 1995;16(2): 159-65
- 24- Eckley CA. Análise crítica das emissões otoacústicas de produto de distorção em seres humanos [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo;1996.
- 25- Franklin DJ, Mc Coy M, Martin GK, Lonsbury-Martin BL. Test/retest reliability of distortion-product and transiently evoked otoacoustic emissions. *Ear Hear* 1992;13(6):417-29.
- 26- Guedes AC, Passos SN, Goffi Gomez MVS, Ferreira Bento R. Estudo da reprodutibilidade das emissões otoacústicas em indivíduos normais. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2002;68(1):34-8.
- 27- Hallenbeck H, Dancer J. Distortion-product otoacoustic emissions in ears with normal hearing sensitivity: test-retest variability. *Percept Mot Skills* 2003;97(3 Pt 1):990-2.
- 28- Sakashita T, Kubo T, Kusuki M, Kyunal K, Ueno K, Hikawa CH, et al. Patterns of change in growth function of distortion product otoacoustic emissions in Ménière's disease. *Acta Otolaryngol Suppl* 1998;538:70-7.
- 29- Abdala C, Sininger E, Sininger Y. Maturation of medial efferent system function in humans. *J Acoust Soc Am* 1999;105 (4):2392-402.
- 30- Shera CA. Mechanisms of mammalian otoacoustic emission and their implications for the clinical utility of otoacoustic emissions. *Ear Hear* 2004;25(2):86-97.
- 31- Müller J, Janssen Th. Similarity in loudness and distortion product otoacoustic emission input/output functions: implications for an objective hearing aid adjustment. *J Acoust Soc Am* 2004;115(6):3081-91.