

Asociación Argentina

de Mecánica Computacional



Mecánica Computacional Vol XXXV, págs. 49-60 (artículo completo)  
Martín I. Idiart, Ana E. Scarabino y Mario A. Storti (Eds.)  
La Plata, 7-10 Noviembre 2017

## SUPRESIÓN CONTRALATERAL DE OTOEMISIONES ACÚSTICAS PRODUCTO DE DISTORSIÓN EN ADOLESCENTES CON AUDICIÓN NORMAL

**María Hinalaf<sup>a,b,c</sup>, Ana L. Maggi<sup>a,b,c</sup>, Jorge A. Pérez Villalobo<sup>a</sup>, Jimena Muratore<sup>d</sup>,  
Sara Gaetán<sup>c</sup>, Mercedes X. Hüg<sup>a,b</sup> y Ester C. Biassoni<sup>a,b</sup>.**

<sup>a</sup>*Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Universidad Tecnológica Nacional, Maestro. M. López esq., Cruz Roja, CP 5016, Córdoba, Argentina, [acustica@frc.utn.edu.ar](mailto:acustica@frc.utn.edu.ar), <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/cintra/>*

<sup>b</sup>*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en el CINTRA - UTN FRC - UA CONICET, Argentina. <http://www.conicet.gov.ar/>*

<sup>c</sup>*Escuela de Fonoaudiología, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba, Ciudad Universitaria, Enrique Barros s/n, 5000 Córdoba, <https://www.fono.fcm.unc.edu.ar/>*

<sup>d</sup>*Escuela de Fonoaudiología, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe 3100, CP 2000, Rosario, Santa Fe, Argentina. <http://www.fcm.unr.edu.ar/index.php/es/>*

**Palabras Clave:** supresión contralateral, sistema eferente medial, otoemisiones acústicas producto de distorsión, adolescentes.

**Resumen.** El Sistema Eferente Medial (SEM) se encuentra conformado por fibras originadas en tronco cerebral que descienden principalmente a la cóclea contralateral. Su funcionamiento puede evaluarse aplicando la Supresión Contralateral (SC) de Otoemisiones Acústicas Producto de Distorsión (OEAPD), analizando las OEAPD sin Estimulación Acústica Contralateral (EAC) y luego con EAC. El buen funcionamiento del SEM evidencia valores menores en la amplitud con EAC produciéndose el efecto supresor. El objetivo fue comparar las amplitudes de la SC de OEAPD en dos grupos de adolescentes, uno con respuestas presentes normales (grupo 1) y otro con respuestas presentes pero anormales (grupo 2). El diseño fue descriptivo correlacional transversal. La muestra fue de 53 adolescentes voluntarios de 14/15 años de Córdoba con umbrales auditivos menores o iguales a 21 dB PA en 250 a 16000 Hz; timpanometría sin alteraciones y; OEAPD con respuestas presentes, considerando la Relación Señal Ruido (RSR) menor o igual a 6 dB NPS en al menos 4 de 7 frecuencias. En las OEAPD se utilizó: fórmula  $2f_1 - f_2$ , relación 1,22 y  $L_1 = L_2$  (70 dB NPS). La EAC fue ruido blanco de audiómetro a 50 dB. Se clasificaron los adolescentes en grupo 1: amplitud mayor o igual a 0 dB NPS y RSR mayor o igual a 6 dB NPS en todas las frecuencias y; grupo 2: amplitud menor a 0 dB en al menos una frecuencia y/o RSR menor a 6 dB en una, dos o tres frecuencias. En el análisis, el grupo 2 presentó amplitudes menores en todas las frecuencias en ambas condiciones, sin y con EAC. En los dos grupos se observó predominancia de efecto supresor, sin embargo fue mayor en el grupo 1 en todas las frecuencias de ambos oídos. Las diferencias encontradas podrían ser indicadores subclínicos orientativos del funcionamiento del SEM.

## 1 INTRODUCCIÓN

A partir del descubrimiento del sistema eferente de [Rasmussen en 1946](#), [Warr y Guinan \(1979\)](#) describieron el Sistema Eferente Medial (SEM). Este sistema se encuentra conformado por fibras nerviosas que tienen su origen en la zona medial del complejo olivar superior, el 90% de ellas se proyectan hacia las células ciliadas externas de la cóclea contralateral. En la actualidad, se atribuyen diversas funciones al SEM, siendo las más estudiadas: protección ante altas intensidades, reducción del efecto de enmascaramiento en presencia de ruidos de fondo, y control de la sensibilidad de la cóclea de acuerdo al estado atencional del sujeto ([Délano, Robles & Robles, 2005](#); [Terreros et al., 2013](#); [Collet et al., 1990](#)).

Los primeros en estudiar el SEM en humanos fueron Collet y colaboradores en 1990 mediante la Supresión Contralateral (SC) de las Otoemisiones Acústicas (OEA). Actualmente, es considerada una prueba objetiva, rápida y no invasiva. Una de las maneras en la que el SEM puede ser activado es aplicando Estimulación Acústica Contralateral (EAC) mientras se realiza las OEA en el oído ipsilateral, desencadenando de esta manera la inhibición de las células ciliadas externas y produciendo la disminución de la amplitud de las OEA. Este efecto, causado por ruido competitivo, se conoce como efecto supresor de las OEA. Cuando existe ausencia de efecto supresor, es decir no se produce la disminución de la amplitud de las OEA, se considera una posible alteración en la función que ejerce el SEM en la regulación de las células ciliadas externas ([Nogueira Leme y Carvallo, 2009](#); [Massola de Oliveira et al., 2011](#); [Muñiz et al., 2006](#); [Spada Durante y Carvallo, 2006](#); [Valeiras et al., 2005](#)).

En general, en las investigaciones se estudia la SC de las OEA en relación a las funciones atribuidas al SEM, tales como la protección ante ruido y discriminación del habla en ruido; como así también en relación a diversos síntomas y/o patologías auditivas. Sin embargo, aún no existe un acuerdo en la técnica de la SC de las OEA, principalmente en los valores de estimulación y la interpretación de los resultados.

La SC de las OEA puede ser aplicada en los distintos tipos de OEA, siendo mayormente investigada en las otoemisiones acústicas transitorias y en productos de distorsión (OEAPD).

Las OEAPD constituyen una respuesta distorsionada por la intermodulación originada en el oído interno, debido a un proceso intracoclear asociado a los movimientos no-lineales de las células ciliadas externas ([Werner, 2006](#)). Son una respuesta a la estimulación producida por dos tonos simultáneos y próximos en frecuencia. El tono más grave se denomina  $f_1$ , y su nivel de amplitud  $L_1$ . El tono más agudo se denomina  $f_2$  y su amplitud como  $L_2$ . La separación entre ambos se determina con la relación  $f_2/f_1$  que es igual a 1,22 ([Kemp, 1979](#); [Pinochet, Alegría, Romero y Cañete, 2012](#)). Al presentarse estos estímulos se generan varios productos de distorsión, es decir tonos que no estaban en la señal del estímulo, pero el que se estudia por ser el que presenta mayor amplitud es el que obedece a la fórmula  $2f_1-f_2$  ([Campos y Carvallo, 2005](#)).

La calidad de los resultados de una OEAPD está determinada típicamente por una RSR igual o mayor a 6 dB. La literatura menciona que si en 3 o 4 frecuencias de las evaluadas la RSR es igual o mayor a 6 dB hay 99,9 % de fiabilidad en los resultados ([Kemp, 2013](#)). Este criterio es de suma utilidad para el cribado infantil, pero si se pretende utilizar la OEAPD para diagnóstico se sugiere que es necesaria una inspección más minuciosa y comparar los valores con una variación normativa de la población de estudio ([Durante y Dhar, 2015](#); [Kemp, 2013](#)).

Los parámetros de OEA pueden ser utilizados para diferenciar con éxito, oídos normales de los oídos con alteración incipientes que aún no han sido detectados en la audiometría. ([Lucertini et al., 2002](#); [Lapsey y Marshall, 2007](#)). Las OEA son particularmente sensibles para detectar alteraciones cocleares subclínicas. En tanto, estas alteraciones no logran ser registradas por la batería audiológica básica, debido a que la funcionalidad coclear global no

se encuentra afectada. Los indicadores de alteración coclear en las OEA pueden ser amplitud disminuida, escasa reproductibilidad, baja RSR, o ausencia de las mismas. (Matti y Mancini, 2002; Lucertini et al., 2002). En este sentido, las OEA son más informativas cuando la interpretación se extiende más allá de la distinción dicotómica, que suele utilizarse en la clínica: “pasa” versus “no pasa”; “presentes” versus “ausentes” basándose en los criterios de RSR ya mencionados (Dhar & Hall, 2012).

Dhar y Hall (2012) proponen una clasificación superadora de los resultados de las OEA presentando tres categorías: ausentes; presentes pero anormales y normales. Las OEA que se encuentran con una RSR por debajo de 6 dB son consideradas ausentes; las que tienen RSR igual o mayor a 6 dB pero una baja amplitud se consideran presentes pero anormales; y finalmente aquellas que tienen una RSR adecuada y una amplitud acorde a los parámetros de la población de estudio se clasifican como OEA normales. Por lo general, los datos normativos publicados y proporcionados por los equipos de OEA revela que el límite inferior de amplitud normal es alrededor de 0 dB NPS.

En 1993, Moulin et al., utilizaron específicamente las OEAPD con la aplicación simultánea de EAC, describiendo así por primera vez la SC de las OEAPD. Recientemente Konomi et al., (2014), estudiaron la SC de OEAPD en sujetos entre 2 y 52 años para observar los cambios relacionados con la edad. Para analizar los resultados conformaron grupos según las edades. Pudieron observar que el porcentaje de presencia de efecto supresor decrecía significativamente a medida que la edad aumentaba. En el grupo que abarcaba los adolescentes (11 a 20 años) el efecto supresor estuvo presente en el 65 % de los oídos.

Es de importancia considerar que para evaluar el SEM, a través de la SC de las OEA, las células ciliadas externas deben tener en primer lugar una buena respuesta en las OEA sin EAC. En general, las investigaciones evalúan la SC en OEAPD sólo en resultados que tengan valores de RSR mayores a 6 dB (Wagner et al., 2007; Wagner y Heyd, 2011; Kumar et al., 2013). Sin embargo, no se han encontrado antecedentes que profundicen el análisis de la SC en base a otros parámetros o clasificaciones de los resultados de las OEAPD sin EAC.

Considerando que las OEA permiten estudiar la actividad de las células ciliadas externas, las cuales a su vez están reguladas por el SEM, podría pensarse que indicadores subclínicos tales como amplitud disminuida, escasa reproductibilidad, baja RSR, o ausencia de las OEA pueden estar acompañados o ser reflejo de una disfunción del SEM.

A partir de lo mencionado el objetivo propuesto en esta investigación fue comparar las amplitudes de la SC de OEAPD en dos grupos de adolescentes, uno con respuestas presentes normales (grupo 1) y otro con respuestas presentes pero anormales (grupo 2). La hipótesis es que aquellos adolescentes con respuestas presentes normales de OEAPD, podrían registrar efectos supresores mayores del SEM en la SC, que los adolescentes con respuestas presentes anormales. Los resultados permitirían detectar indicadores subclínicos en la SC de las OEAPD que manifiesten de manera temprana un deterioro del sistema auditivo.

## 2 METODOLOGÍA

La investigación se realizó en el marco del Programa de Conservación y Promoción de la Audición implementada en el Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Unidad Asociada al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). El programa contó con los avales del Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba y de las autoridades de cada Escuela.

## 2.1 Tipo de estudio

Descriptivo correlacional transversal.

## 2.2 Muestra

La muestra se conformó por 53 adolescentes entre 14 y 15 años, de dos Escuelas Técnicas (IPEMs) de la Ciudad de Córdoba.

## 2.3 Criterios de inclusión

- Oído medio sin alteraciones con curva timpanométrica tipo A de Jerger, ([Lehnhardt y Giovanello, 1992](#)).
- Otoemisiones acústicas producto de distorsión (OEAPD) con respuestas presentes, considerando una Relación Señal-Ruido (RSR) mayor o igual a 6 dB NPS en al menos cuatro de las siete frecuencias estudiadas (1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000) Hz.
- Audiometría tonal en los rangos convencional (250 - 8000) Hz y extendido de alta frecuencia (8000-16000) Hz dentro de los parámetros considerados normales, es decir, menores o iguales a 21 dB PA en todas las frecuencias evaluadas.

## 2.4 Criterios de exclusión

- Patología auditiva asociada.
- No contar con el consentimiento informado firmado por sus padres o tutores.

## 2.5 Grupos

La muestra fue dividida en dos grupos:

**Grupo 1:** con respuestas presentes normales, es decir, con amplitud mayor o igual a 0 dB NPS y RSR mayor o igual a 6 dB NPS en todas las frecuencias.

**Grupo 2:** con respuestas presentes pero anormales, es decir, con amplitud menor a 0 dB NPS en al menos una frecuencia y/o RSR menor a 6 dB NPS en una, dos o tres frecuencias de las siete estudiadas.

## 2.6 Técnicas e instrumentos

Se aplicaron las siguientes pruebas:

1. **Cuestionario de Estado Auditivo**, construido ad hoc para conocer antecedentes que pueden afectar la función auditiva.
2. **Observación del conducto auditivo externo**, para descartar ocupación total o parcial del conducto, mediante el uso de un otoscopio clínico Heine, modelo Beta.
3. **Timpanometría**, para determinar el estado del oído medio y su relación con los posibles problemas conductivos, usando un impedanciómetro automático “Minitymp” Kamplex MT10 Interacoustics.
4. **Audiometría, en los rangos convencional (250–8000) Hz y extendido de alta frecuencia (8000–16000) Hz**, como método subjetivo, para determinar el umbral auditivo en toda la gama audible del individuo. Su aplicación cumplimentó con las Normas [IRAM 4028-1 \(1992\)](#), [ISO 8253-1 \(2010\)](#). Los saltos del estímulo auditivo de la audiometría fueron fijados en 3 dB PA para una mayor discriminación. De acuerdo a los resultados de la audiometría se consideró dentro de los parámetros normales cuando los umbrales fueron menores o iguales a 21 dB PA en todas las frecuencias evaluadas. Para la realización de las audiometrías en ambos rangos de frecuencia se utilizó un audiómetro Madsen Orbiter 922 y auriculares normalizados Senheiser HDA 200.

**5. SC de las OEAPD**, como método objetivo, para conocer el funcionamiento del Sistema Eferente Medial (SEM) permitiendo determinar la presencia y ausencia de **efecto supresor**. El estudio consistió en:

*Paso 1:* aplicación de las OEAPD en un oído, sin estimulación acústica en el oído contralateral. En su aplicación se utilizó la fórmula  $2f_1-f_2$ , intensidad  $L_1$  70 dB NPS y  $L_2$  70 dB NPS. Las frecuencias estudiadas fueron: 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz. Se consideraron respuestas presentes normales aquellas con amplitud mayor o igual a 0 dB NPS y RSR mayor o igual a 6 dB NPS en todas las frecuencias (**Grupo 1**); y respuestas presentes pero anormales cuando la amplitud fue menor a 0 dB NPS en al menos una frecuencia y/o RSR menor a 6 dB NPS en una, dos o tres frecuencias de las siete estudiadas (**Grupo 2**).

*Paso 2:* aplicación de las OEAPD en el mismo oído evaluado en el Paso 1 y con los mismos parámetros de medición, con aplicación simultánea de estimulación acústica en el oído contralateral. Para la EAC se utilizó ruido blanco o banda ancha a una intensidad de 50 dB generado por el audiómetro.

En todos los sujetos se aplicó primero el paso 1 y 2 para evaluar el oído izquierdo y luego se repitieron ambos pasos para evaluar el oído derecho.

De acuerdo a los resultados de la SC de las OEAPD, se consideró en cada frecuencia: **presencia de efecto supresor** cuando se producía una reducción de la respuesta luego de la EAC, es decir cuando la diferencia de los valores obtenidos en la amplitud sin EAC y con EAC era positiva y; **ausencia de efecto supresor** cuando los valores obtenidos en la amplitud se mantenía o aumentaba al aplicar la EAC, obteniendo un valor de cero ó negativo.

Para la realización de la **SC de las OEAPD**, se utilizó un equipo para OEA Otodynamics Ltd DP ECHOPORT ILO 292 USB II provisto con una sonda UGD TE+DPOAE Probe. Además se usó una sonda EAR TONE A3 para la EAC en el oído contralateral para evaluar la SC, provista por el audiómetro Madsen Orbiter 922, ya mencionado en el punto 4. A este conjunto se agregó una laptop con software de análisis clínico y gestión de datos llamado ILOV6, para el registro y realización de las OEAPD.

## 2.7 Análisis de los datos

Para el análisis estadístico se consideró como unidad de estudio al oído, analizando de manera independiente el oído derecho y el oído izquierdo.

En el análisis descriptivo se realizó la confección de tabla de frecuencia para presentar los grupos. Los gráficos realizados fueron diagrama de barras y gráficos de puntos, utilizando los valores promedios de las amplitudes sin y con EAC, y del efecto supresor, en cada grupo.

En el análisis inferencial se utilizó el test T de Student para el estudio del nivel de significación de las amplitudes en relación al efecto supresor y las amplitudes sin y con EAC de los grupos en cada oído.

En todos los casos se consideró un nivel de significación de  $p < 0,05$ .

El software estadístico que se utilizó fue InfoStat Versión 2015, desarrollado por un equipo de docentes-investigadores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC (Di Rienzo et al., 2016).

## 3 RESULTADOS

Se evaluaron un total de 106 oídos. En la [Tabla 1](#) se muestra la distribución de los oídos estudiados según los grupos clasificados de acuerdo a las otoemisiones presentes normales (grupo 1) y a las otoemisiones presentes anormales (grupo 2).

Grupos	Oído Derecho	Oído Izquierdo	Total
Presentes normales (Grupo 1)	23	28	51
Presentes anormales (Grupo 2)	30	25	55
Total	53	53	106

Tabla 1: Distribución de los oídos estudiados según los grupos.

La amplitud promedio de las OEAPD sin EAC y con EAC de oído derecho se muestra en las figuras 1 y 2 respectivamente, según los grupos de estudio.

A continuación en la [Figura 1](#) y [2](#), se analizan ambas condiciones en forma conjunta ya que se observa el mismo patrón en los resultados. Se observa que los valores en todas las frecuencias son mayores en el grupo 1, en comparación al grupo 2. En ambos grupos los valores máximos se presentaron en la frecuencia 1500 Hz, mientras que los valores mínimos fueron en la 4000 Hz y en la 8000 Hz, llegando a ser en esta última negativo en el grupo 2.

En la condición sin EAC, en tres de las frecuencias evaluadas se encontraron diferencias estadísticamente significativas (\*) entre ambos grupos: 1000 Hz ( $p=0,014$ ); 1500 Hz ( $p=0,0301$ ) y 8000 Hz ( $p=0,0001$ ). En cambio, en la condición con EAC, se encontraron diferencias en 1000 Hz ( $p=0,0391$ ) y en 8000 Hz ( $p=0,0001$ ).

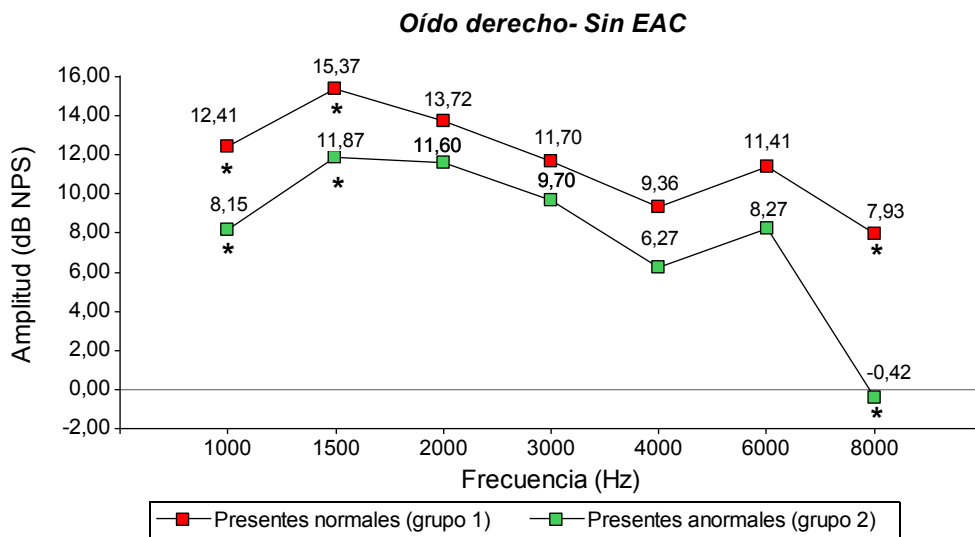


Figura 1: Amplitud promedio sin EAC de OEAPD en oído derecho según grupos 1 y 2.

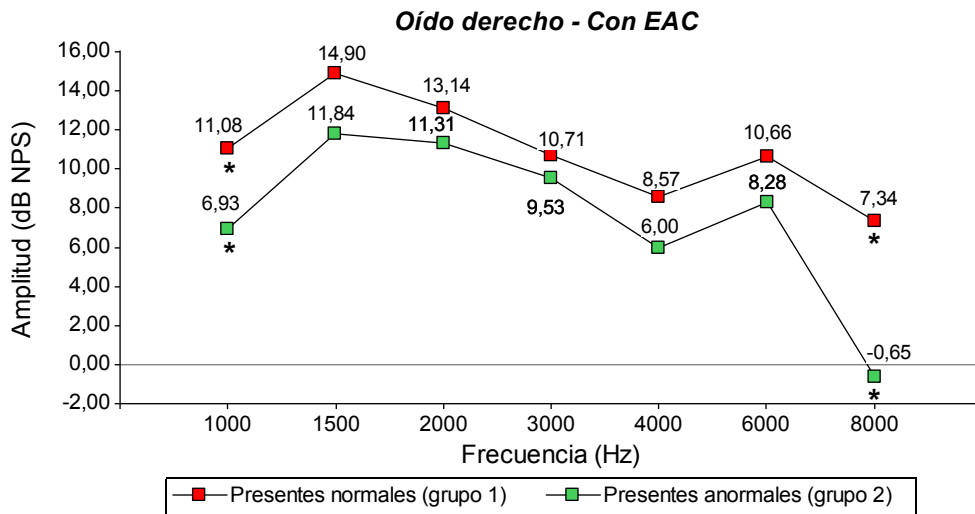


Figura 2: Amplitud promedio con EAC de OEAPD en oído derecho según grupos 1 y 2.

La amplitud promedio de las OEAPD sin EAC y con EAC de oído izquierdo se muestra en las Figuras 3 y 4 respectivamente, según los grupos de estudio.

En este oído se analizan, al igual que en el oído derecho, ambas condiciones en forma conjunta. Se observa que los valores en todas las frecuencias son mayores en el grupo 1 en comparación al grupo 2. En ambos grupos los valores máximos se presentaron en la frecuencia 1500 Hz, mientras que los valores mínimos fueron en la 8000 Hz, siendo negativo en el grupo 2. En el grupo 1 la frecuencia 6000 Hz asciende en relación a las frecuencias próximas (4000 y 8000 Hz), a diferencia del grupo 2 en el que se observa un descenso progresivo de las amplitudes.

En la condición sin EAC, en cuatro de las frecuencias evaluadas se encontraron diferencias estadísticamente significativas (\*) entre ambos grupos: 3000 Hz ( $p=0,0472$ ); 4000 Hz ( $p=0,0239$ ); 6000 Hz ( $p=0,001$ ) y 8000 Hz ( $p<0,0001$ ). En cambio, en la condición con EAC, se encontraron diferencias en 4000 Hz ( $p=0,0172$ ); 6000 Hz ( $p=0,0021$ ) y 8000 Hz ( $p<0,0001$ ).

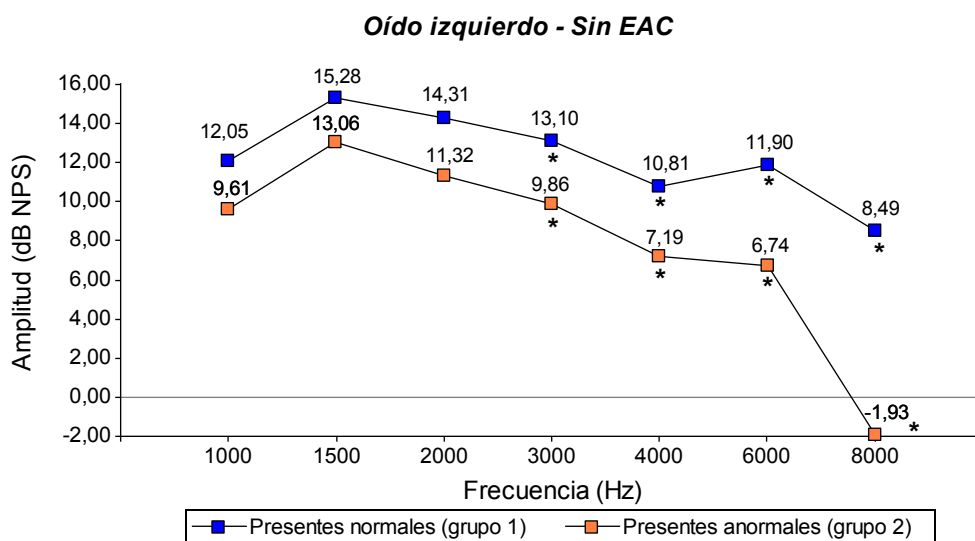


Figura 3: Amplitud promedio sin EAC de OEAPD en oído izquierdo según grupos 1 y 2.

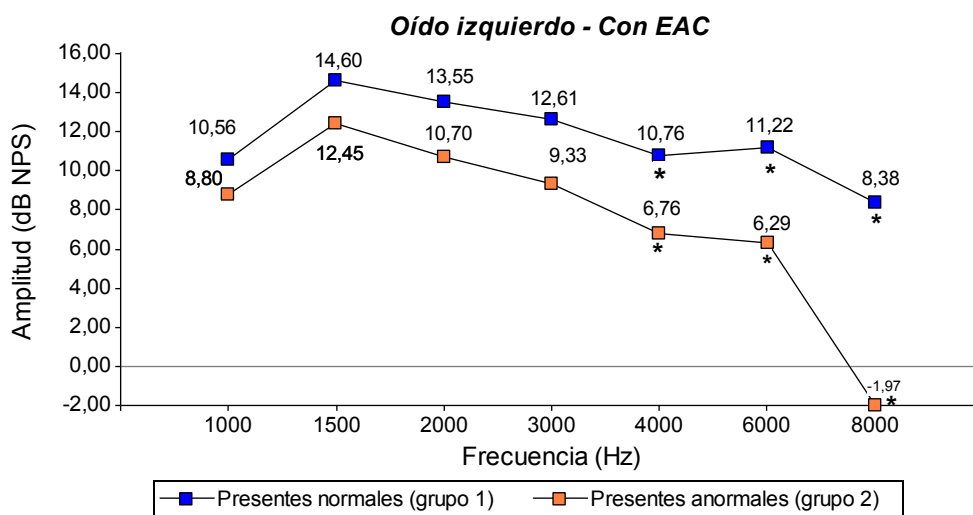


Figura 4: Amplitud promedio con EAC de OEAPD en oído izquierdo según grupos 1 y 2.

En la [Figura 5](#) se presenta el efecto supresor de oído derecho según los grupos. El grupo 1 obtuvo valores mayores que el grupo 2 en todas las frecuencias evaluadas. A su vez, en el grupo 1 todas las frecuencias mostraron efecto supresor, es decir valores mayores a 0 dB NPS; encontrándose el valor máximo en la frecuencia 1000 Hz con 1,33 dB NPS y el valor mínimo en la frecuencia 1500 Hz con 0,47 dB NPS. En el grupo 2, al igual que en el grupo 1, el valor máximo se encontró en la frecuencia 1000 Hz con 1,21 dB NPS. Por otro lado, el valor mínimo se encontró en la frecuencia 6000 Hz con -0,01 dB NPS, es decir, que considerando el promedio, esta frecuencia no tiene efecto supresor. En seis de las siete frecuencias, los valores son menores o iguales a 0,29 dB NPS, sin llegar a alcanzar los valores mínimos del grupo 1. Sin embargo, éstas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

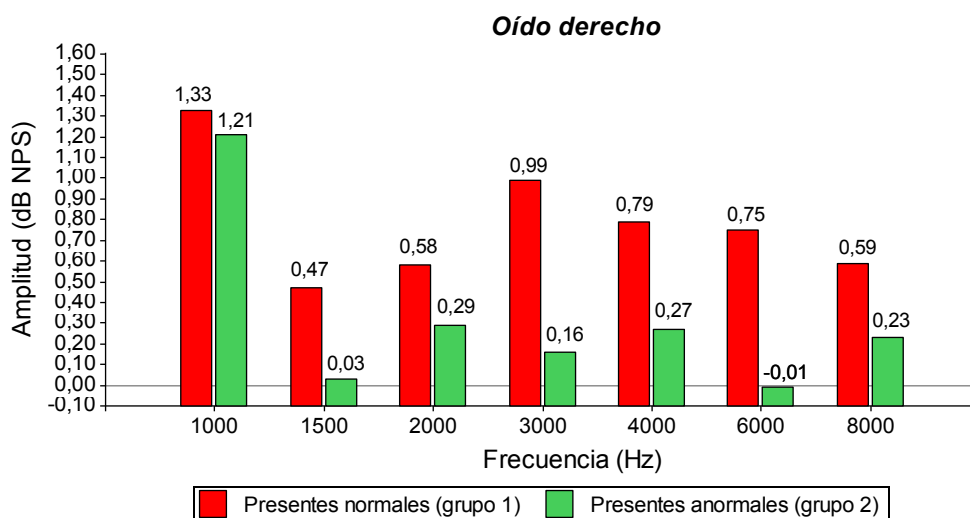


Figura 5: Efecto supresor promedio de OEAPD en oído derecho según grupos 1 y 2.



En la **Figura 6** se presenta el efecto supresor de oído izquierdo según los grupos. El grupo 1 obtuvo valores mayores que el grupo 2, en cinco de las siete frecuencias evaluadas: 1000, 1500, 2000, 6000 y 8000 Hz. Sin embargo, éstas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

En el grupo 1 y 2, el valor máximo se obtuvo en la frecuencia 1000 Hz con 1,49 y 0,81 dB NPS, respectivamente. Los valores mínimos fueron en la frecuencia 4000 Hz con 0,05 dB NPS en el grupo 1 y en la frecuencia 8000 Hz con 0,04 dB NPS en el grupo 2.

En ambos grupos en todas las frecuencias se observó efecto supresor.

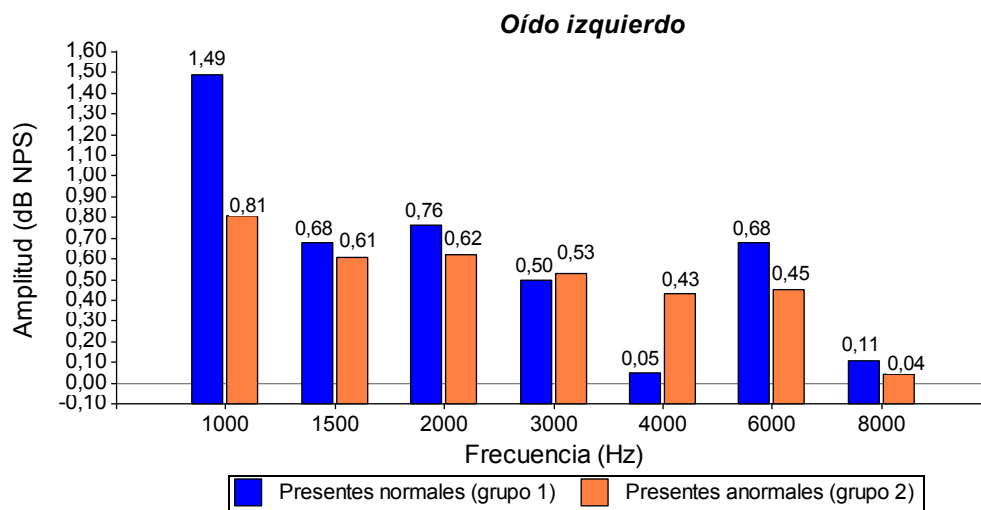


Figura 6: Efecto supresor promedio de OEAPD en oído izquierdo según grupos 1 y 2.

En las **Figuras 5** y **6** se observa que el oído derecho en comparación al oído izquierdo presenta mayor diferencia entre los valores de efecto supresor del grupo con OEAPD presentes normales (Grupo 1) y los valores del grupo con OEAPD presentes anormales (Grupo 2).

#### 4 DISCUSION Y CONCLUSIÓN

Un análisis minucioso de las OEA permite la detección temprana de indicadores subclínicos, tales como como amplitud disminuida, escasa reproductibilidad, baja RSR, o ausencia de las OEA. Estos indicadores evidencian que las células ciliadas externas ya no logran un óptimo funcionamiento coclear (Lucertini et al., 2002; Lapsey y Marshall, 2007; Matti y Mancini, 2002). Considerando que las OEA permiten estudiar la actividad de las células ciliadas externas, las cuales a su vez están reguladas por el SEM, podría pensarse que indicadores subclínicos de las OEA pueden estar acompañados o ser reflejo de una disfunción del SEM.

A partir de lo mencionado, el objetivo de esta investigación fue comparar las amplitudes de la SC de OEAPD en dos grupos de adolescentes con audición normal, uno con respuestas presentes normales (grupo 1, n=51 oídos) y otro, con respuestas presentes pero anormales (grupo 2, n=55 oídos).

Los principales hallazgos en relación a las OEAPD sin EAC mostraron en el oído derecho y en el izquierdo, tanto en los grupos 1 y 2, el mismo patrón en las amplitudes, con los valores

máximos en la frecuencia 1500 Hz, y los valores mínimos en la 8000 Hz. En todos los casos los valores en el grupo 1 fueron mayores que en el grupo 2, siendo esta diferencia estadísticamente significativa en el oído derecho en tres frecuencias (1000, 1500, 8000) Hz y en el oído izquierdo en cuatro frecuencias (3000, 4000, 6000, 8000) Hz.

Dhar & Hall (2012) mencionan que un criterio fundamental al analizar las OEAPD es considerar 0 dB NPS como el menor límite de amplitud de respuesta normal. En el grupo 2, al analizar el comportamiento de las amplitudes sin EAC en las distintas frecuencias, se observó que la frecuencia 8000 Hz alcanzó valores negativos en ambos oídos, a pesar de que toda la muestra presentaba umbrales tonales normales (menor o igual a 21 dB PA) entre 250 y 16000 Hz. Por este motivo, resulta de interés poder estudiar en futuras investigaciones la amplitud de OEA en conjunto con el análisis del funcionamiento del SEM en frecuencias superiores a 8000 Hz ya que en las altas frecuencias el descenso podría acentuarse.

El indicador de un normal funcionamiento del SEM en la SC de las OEAPD, es un efecto supresor mayor a 0 dB SPL, es decir, una reducción de la amplitud o anulación de las OEA ante la presentación de un estímulo sonoro ipsilateral, contralateral o bilateral. La ausencia de este indicador, puede ser considerado un exponente de disfunción del SEM (Werner, 2006). En general, los oídos obtuvieron en las distintas frecuencias un efecto supresor con valores promedios máximos de 1,49 dB NPS, y mínimos de 0,03 dB NPS. Sólo en la frecuencia 6000 Hz del oído derecho no se presentó efecto supresor (-0,01 dB NPS). El mayor efecto supresor en todos los casos se observó en la frecuencia 1000 y 2000 Hz, a excepción del oído derecho que en el grupo 1 obtuvo los mayores valores en 1000 y 3000 Hz. Resultados similares fueron encontrados en otras investigaciones donde los valores fueron mayores entre las frecuencias 1000 y 2000 Hz (Lautenschlager et al., 2011; Kim et al., 2002; Valeiras et al., 2005).

Si bien en la muestra predomina una presencia de efecto supresor, el grupo 1 obtuvo valores mayores que el grupo 2 en ambos oídos, en la mayoría de las frecuencias evaluadas. Es decir, que aquellos adolescentes con respuestas presentes normales de OEAPD, registraron efectos supresores mayores del SEM en la SC, que los adolescentes con respuestas presentes anormales. Sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Cabe destacar, que las diferencias entre ambos grupos se observaron de manera más marcada en el oído derecho, en donde el valor mínimo del grupo 1 es 0,47 dB NPS mientras que el grupo 2 presentó valores menores o iguales a 0,29 dB NPS en seis de las siete frecuencias evaluadas. De acuerdo a estos resultados y utilizando el criterio de clasificación del presente trabajo, los oídos con OEAPD presentes pero anormales, muestran una tendencia a presentar mayor disfunción subclínica del SEM en el oído derecho en comparación al oído izquierdo.

Las diferencias encontradas podrían ser indicadores subclínicos orientativos del funcionamiento del SEM. Para futuros análisis, sería de interés poder profundizar en el comportamiento del SEM bajo el criterio de clasificación utilizado en el presente trabajo, analizando la relación con variables de exposición, con síntomas auditivos subjetivos, con resultados de otros estudios audiológicos y/o en relación a las funciones atribuidas al SEM como son la protección ante ruido y la discriminación del habla en ruido.

Se considera de importancia destacar que la SC de las OEA es un estudio relativamente nuevo y por esta razón tanto su metodología de trabajo, como los criterios para la técnica de aplicación aún no presentan uniformidad en las investigaciones a nivel internacional. Esta heterogeneidad en la literatura dificulta los análisis o comparaciones entre resultados de distintos trabajos. A ello se agrega la escasez de equipamiento clínico para estudiar el SEM con los distintos modos de estimulación requeridos y en los distintos rangos de frecuencias, todo lo cual hace difícil, al momento, poder establecer generalidades para la aplicación de la técnica y como paso siguiente lograr la normatización de la prueba.

## REFERENCIAS

- Campos, U.P., & Carvalho, R.M.M., Latência das EOAPD em milissegundos e número de ondas. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 71(6): 784-90, 2005.
- Collet, L., Kemp, D. T., Veillet, E., Duclaux, R., Moulin, A., & Morgon, A. Effect of contralateral auditory stimuli on active cochlear micro-mechanical properties in human subjects. *Hearing research*, 43(2):251-261, 1990.
- Délano, P., Robles, I., & Robles, L. Sistema eferente auditivo. *Rev Otorrinolaringol*, 65:55-62, 2005.
- Dhar, S., & Hall, J.W, *Otoacoustic Emissions: Principles, Procedures and Protocols*. San Diego, USA: Plural Publishing, 2012.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W., InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar/>
- Durante, A. S., & Dhar, S, Mecanismos Fisiológicos subjacentes à geração de emissões otoacústicas. En Boéchat, E.D., Menezes, P.L., Marques do Couto, C., Figueiredo, A.C., Coelho S.R., Riveiro, T.A., *Tratado de audiologia [2ed.]* (pp. 95-99). Río de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.
- IRAM 4028-1:1992. Audiometría tonal. Métodos básicos de prueba. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- ISO 8253-1:2010. Acoustics - Audiometric test methods - Part 1: Pure-tone air and bone conduction audiometry. International Organization for Standardization.
- Kemp, D.T. Evidence of mechanical nonlinearity and frequency selective wave amplification in the cochlea. *Archives of Otorhinolaryngology*, 224(1-2):37-45, 1979.
- Kemp, D.T., Historia de las otoemisiones acústicas: teoría y aplicaciones, En Salesa-Batlle E, Perello-Scherdel E, Bonavida-Estupiñá A. Editores. *Tratado de Audiología 2ª Ed.* (p 173-196) Barcelona: Elsevier Masson; 2013.
- Kim, S., Frisina, D.R., & Frisina, R.D., Effects of age on contralateral suppression of distortion product otoacoustic emissions in human listeners with normal hearing. *Audiology and Neurotology*, 7(6):348-357, 2002.
- Konomi, U., Kanotra, S., James, A.L., & Harrison, R.V. Age related changes to the dynamics of contralateral DPOAE suppression in human subjects. *Journal of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 43(1):15, 2014.
- Kumar, U.A., Methi, R., & Avinash, M.C., Test/retest repeatability of effect contralateral acoustic stimulation on the magnitudes of distortion product ototacoustic emissions. *The Laryngoscope*, 123(2):463-471, 2013.
- Lapsey, J.A., & Marshall L., Otoacoustic Emissions as a Preclinical Measure of Noise-Induced Hearing Loss and susceptibility to Noise-Induced Hearing Loss. Robinette, M. S., & Glatke, T. J. (Eds.). *Otoacoustic emissions: clinical applications*. New York: Thieme, 2007.
- Lautenschlager, L., Tochetto, T., & Costa, M.J., Recognition of speech in noise and relations with suppression of otoacoustic emissions and the acoustic reflex. *Brazilian Journal of otorhinolaryngology*, 77(1):115-120, 2011.
- Lehnhardt, E., & Giovanniello, O. *Práctica de la audiometría*. Médica Panamericana. 1992.
- Lucertini, M., Moleti, A., & Sisto, R., On the detection of early cochlear damage by otoacoustic emission analysis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 111(2):972-97, 2002.
- Massola de Oliveira, J.R., Fernandes Fernandes, C. y Alves Costa Filho, O., Study on suppression of otoacoustic emissions: lateral domain. *Brazilian Journal of*

- Otorhinolaryngology*, 77(5):547-54, 2011.
- Matti M. & Mancicni G., Implementación de las otoemisiones acústicas en pacientes con patología coclear subyacente. *Fonoaudiológica* 48(1):63-66, 2002.
- Moulin, A., Collet, L., & Duclaux, R., Contralateral auditory stimulation alters acoustic distortion products in humans. *Hearing research*, 65(1):193-210, 1993.
- Muñiz, J.F., Morant Ventura, A. y Algarra, J.M., Estudio de la correlación existente entre el efecto supresor contralateral y la fatiga auditiva mediante otoemisiones acústicas transitorias. *Acta Otorrinolaringologica Española*, 57:199-203, 2006.
- Nogueira Leme, V. y Carvalho, R.M.M., Efeito da estimulação acústica contralateral nas medidas temporais das emissões otoacústicas. *Revista CEFAC*, 11(1):24-30, 2009.
- Pinochet, R.K., Alegría, B.K., Romero, A.M. y Cañete, S.O., Efectos de la variación de la intensidad de los tonos primarios sobre las amplitudes de Emisiones Otoacústicas Producto de Distorsión (EOApd) en sujetos con audición dentro de rangos de normalidad. *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 72:235-242, 2012.
- Rasmussen, G. L. (1946). The olivary peduncle and other fiber projections of the superior olivary complex. *Journal of Comparative Neurology*, 84(2):141-219, 1946.
- Spada Durante, A. y Mota Mamede Carvalho, R., Mudanças das emissões otoacústicas por transientes na supressão contralateral em lactentes. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 18(1):49-56, 2006.
- Terreros, G., Wipe, B., León, A., & Délano, P.H., Desde la corteza auditiva a la cóclea: Progresos en el sistema eferente auditivo. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 73(2):174-188, 2013.
- Valeiras, M., Dios, C., Porto, I. y Labella, T., Estudio del sistema olivococlear medial mediante la “supresión contralateral” de las otoemisiones acústicas. *Revista Internacional de Otorrinolaringología*, 32(3):122-129, 2005.
- Wagner, W., & Heyd, A., Measurement of medial olivocochlear efferent activity in humans: comparison of different distortion product otoacoustic emission-based paradigms. *Otology & Neurotology*, 32(8):1379-1388, 2011.
- Wagner, W., Heppelmann, G., Müller, J., Janssen, T., & Zenner, H.P., Olivocochlear reflex effect on human distortion product otoacoustic emissions is largest at frequencies with distinct fine structure dips. *Hearing research*, 223(1):83-92, 2007.
- Warr, W. B., & Guinan, J. J., Efferent innervation of the organ of Corti: two separate systems. *Brain research*, 173(1):152-155, 1979.
- Werner, A.F. *Teoría y práctica de las otoemisiones acústicas*. Buenos Aires, Argentina. Editorial Edimed. 2006.