



Artículo Original

Caracterización objetiva de la brecha aéreo-ósea con Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable en pacientes con hipoacusia conductiva

María del Carmen Hernández-Cordero¹, Julianis Quintero Noa², Mabel Feria Rodríguez¹, Liliam Leyva Medrano¹, Yanely Acosta Ymas¹, Ileana Alonso Rodríguez¹

1. Centro de Neurociencias de Cuba. La Habana, Cuba.

2. Hospital Pediátrico Docente Universitario "William Soler Ledea". La Habana, Cuba.

Resumen

Introducción: La diferencia entre la vía aérea y ósea constituye un elemento fundamental para el diagnóstico diferencial de la hipoacusia. Su evaluación con los Potenciales Evocados Auditivos es muy importante para la caracterización de la pérdida auditiva en el niño, no lográndose describir hasta el momento actual un método objetivo que permita obtener resultados confiables en pediatría.

Objetivo: Demostrar la utilidad de los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable en la caracterización objetiva de la brecha aéreo-ósea en pacientes pediátricos con hipoacusia de transmisión.

Método: Para esta investigación se realizó un estudio descriptivo, en 11 niños audición normal (G1=15 oídos) y 14 pacientes con hipoacusia conductiva (G2=15 oídos). Se realizaron estudios audiométricos conductuales y electrofisiológicos (potenciales de estado estable).

Resultados: Las diferencias entre los resultados conductuales y electrofisiológicos, mostraron valores similares en los 2 grupos explorados (G1: 2-3 dB; G2 0-4 dB), obteniéndose un valor de correlación de 0.94 en el análisis global.

Conclusión: La audiometría mediante potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias, reporta científicamente un importante método audiológico objetivo que permite la caracterización de la brecha aéreo-ósea con la cual se pueden diferenciar los distintos tipos de hipoacusia en el niño.

Palabras Clave: Potenciales evocados auditivos de estado estable. Brecha aéreo-ósea. Conducción ósea.

Introducción

Los Potenciales Evocados Auditivos (PEAee) constituyen el estudio de elección para la caracterización objetiva de la audición en el niño y pacientes discapacitados que no colaboran con los exámenes conductuales. El objetivo principal de estos estudios es establecer la clasificación del tipo de hipoacusia, para lo cual es necesario evaluar la vía aérea y ósea con el propósito de obtener la brecha o Gap aéreo-óseo, de forma similar al procedimiento que se describe en la práctica clínica audiológica. El resultado de esta evaluación es lo que permite diferenciar el tipo de hipoacusia, recomendando la

opción terapéutica adecuada para el paciente. Para su aplicación existen 2 modalidades que se utilizan en la práctica clínica: el Potencial Evocado Auditivo de Tallo Cerebral (PEATC) y los PEAee, también denominados ASSR en la literatura (Auditory Steady State Response) como técnica exploradora objetiva de la audición, para la valoración de umbrales por frecuencia. Este tipo de potencial constituye el conjunto de fenómenos eléctricos que acontecen por la estimulación mediante un estímulo repetitivo, produciendo una respuesta que tiene la característica de ser estable en el tiempo. El PEATC con estímulo a click es una de las aplicaciones más difundidas para la estimación de los umbrales

audiométricos, pero tiene como desventaja que no permite caracterizar la audición con especificidad de frecuencia. Como alternativa, se ha propuesto el PEATC utilizando estímulos tonales breves para la evaluación tanto de la vía aérea como de la vía ósea y de esta manera calcular la diferencia para clasificar el tipo de hipoacusia (Stapells y col., 1989; Foxe y col., 1993; Cone Wesson y col., 1995; Cone Wesson y col., 1997; Stapells y col., 2000; JCIH 2007). Estas investigaciones, han presentado como limitación que en el caso de la vía ósea, es difícil la detección de la respuesta en intensidades cercanas al umbral, siendo un requisito importante la experiencia del evaluador (Young y col., 2018).

En los últimos años se ha desarrollado la técnica de los PEAAe, la cual tiene como ventaja la posibilidad de la caracterización de la audición con especificidad de frecuencia y la detección de la respuesta de manera objetiva por métodos estadísticos. Su aplicación para la estimación de los umbrales por vía aérea, ha sido ampliamente investigada en sujetos normoyentes y pacientes con diferentes tipos de pérdidas auditivas (Lins y col., 1996; Savio y col., 2001, Luts y col., 2006; Rickards y col., 1994; Perez Abalo y col., 2001; Swanepoel y col., 2008; Wadhwa, R. y col., 2017). Artículos científicos relacionados con la exploración de la vía ósea se muestran limitados actualmente. Existen varias investigaciones con resultados en sujetos con audición normal (Lins y col., 1996; Small y Stapells, 2005; 2006, 2007, 2008) y pérdidas auditivas simuladas (Dimitrijevic y col., 2002; Jeng y col., 2004). Así mismo, se han realizado otros estudios en pacientes con hipoacusia neurosensorial profunda con el objetivo de evaluar la presencia de artefactos en la respuesta (Jeng y col., 2004; Small y Stapells, 2004). Solamente se han publicado en el momento actual los resultados de 2 investigaciones en las cuales se evaluó la vía ósea con PEAAe en pacientes con el diagnóstico de hipoacusias de tipo conductiva, mixta ó neurosensorial (Swanepoel y col., 2008; Ishida y col., 2011).

Un tópico aparte por su relevancia clínica es la evaluación objetiva de la brecha aéreo-ósea con esta metodología, publicándose sólo 4 estudios que tratan el tema (Jeng y col. 2004; Swanepoel y col., 2008). En el primer estudio fue evaluado un grupo de sujetos normoyentes con pérdidas auditivas simuladas, obteniendo una correlación entre la brecha aéreo-ósea conductiva y electrofisiológica de 0.81. En el segundo se estudiaron varios grupos de niños con diferentes tipos de hipoacusias, reportándose los valores de la brecha aéreo-ósea con PEAAe sólo en los niños con afectación de tipo conductiva. Esta investigación tuvo como limitación que la evaluación objetiva no se comparó con los resultados conductuales. En ambos estudios, se obtuvieron artefactos durante la exploración de la vía ósea a intensidades elevadas. (Jeng y col. 2004; Swanepoel y col., 2008). En el 2013 Nagashima, H. y col. reportaron un estudio de la brecha aéreo-ósea en un grupo de niños con otitis media, donde sugieren el uso de los potenciales evocados auditivos de estado estable para determinar esta variable en pacientes con pérdidas de

tipo conductiva, no refiriéndose comparaciones de su valor con los estudios conductuales. Casey KA, Small SA. (2014) publicaron una investigación donde evaluaron un grupo de sujetos normoyentes niños y adultos, calculando la brecha aéreo-ósea con los potenciales auditivos de estado estable obteniendo como resultado cambios de maduración en las bajas frecuencias en los niños y que existe variabilidad intersujeto.

En el presente trabajo, nos propusimos como objetivo demostrar la utilidad de los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable a múltiples frecuencias (PEAAe MF) para la determinación de la brecha aéreo-ósea en niños con audición normal y un grupo con hipoacusia conductiva, estableciendo su correlación con la evaluación conductual.

Material y Métodos

Sujetos:

El estudio descriptivo se realizó en 11 niños audición normal (G1=15 oídos) y 14 pacientes con hipoacusia conductiva (G2=15 oídos). Se efectuó la evaluación con exámenes audiométricos conductuales y electrofisiológicos (PEAAe MF). El grupo 2 incluyó 14 pacientes con malformaciones congénitas del oído, todos procedentes de la consulta de Audiología del hospital pediátrico "Marfán", con el diagnóstico de una hipoacusia de tipo conductiva (G2=15 oídos). La edad de los niños estuvo comprendida entre los 9 y 14 años de edad los cuales presentaron como diagnóstico clínico malformaciones congénitas del oído. Estos pacientes fueron evaluados con tomografía computarizada de hueso temporal. Este trabajo fue aprobado por el comité ético del hospital. Los resultados se obtuvieron en 2 etapas, inicialmente cada niño se evaluó con los exámenes audiológicos convencionales, que incluyeron la otoscopia y audiometría tonal liminar (aérea y ósea). Posteriormente se obtuvieron los PEAAe MF, utilizando para ello estimulación por la vía aérea y ósea de forma independiente.

Audiometría Tonal

Las audiometrías tonales fueron realizadas con el Audiómetro Clínico RION en una cámara sonoamortiguada. En cada sujeto fue explorada la vía aérea y ósea en una serie de intensidad descendente hasta obtener el umbral, utilizando las recomendaciones de la práctica clínica de la Asociación Española de Audiología.

En el caso de los pacientes con malformaciones unilaterales se utilizó enmascaramiento del oído contralateral (ruido de banda estrecha) por vía aérea, calculando la intensidad del mismo adicionando al umbral el factor de seguridad; y en el caso de la vía ósea a esta cifra se le añadió el factor de oclusión descrito para cada frecuencia. Estos valores se refieren al nivel de intensidad inicial, el cual se incrementa posteriormente en pasos de 5 dB hasta alcanzar el nivel requerido.

Para el enmascaramiento en los registros con PEAAe MF se utilizó ruido blanco (que contiene todas las fre-

cuencias del espectro audible a amplitudes promedio iguales), el cual fue aplicado por la vía aérea del oído contralateral determinando su intensidad con métodos diferentes para la vía aérea y ósea. En el caso de la primera se presentó con una intensidad de 30 dB HL inferior a la del oído examinado, variando la misma en cada paso de la serie descendente; y para la segunda se calculó el promedio según los resultados obtenidos en la audiometría tonal, estableciendo un valor fijo hasta la obtención del umbral.

Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable a Múltiples Frecuencias (PEAeeMF)

Estímulo:

El estímulo utilizado para el registro fue una combinación de 4 tonos portadores continuos 0.5, 1, 2 y 4 kilohertzios (Khz), modulados en amplitud (95% de profundidad) a las frecuencias de 104, 108, 111 y 115 hertzios (Hz) respectivamente; presentados monoauralmente a través del audífono TDH 49 y el Vibrador óseo B71, los cuales forman parte del equipo AUDIX.

Los estímulos se generaban digitalmente en el estimulador del sistema Audix (modelo # NDOO1A USB, Neuronica SA). La frecuencia máxima de conversión digital analógica (D/A) fue de 35 Khz.

Calibración:

Los niveles de ruido ambiental fueron medidos con un sonómetro Brüel y Kjaer, modelo 2260 y un micrófono tipo 4144. Los niveles de ruido acústico global en el sitio de registro fueron 64 dB (A) SPL (del inglés sound presión level).

Los estímulos acústicos fueron calibrados con un sonómetro Brüel y Kjaer modelo 2260 y un oído artificial tipo 4152 con un micrófono tipo 4144. El estímulo acústico multifrecuencia se calibró para asegurar que la energía acústica de cada frecuencia portadora, medida en dB SPL, se correspondía con su valor nominal en dB HL más su respectivo umbral.

El estímulo a utilizar para la exploración de la vía ósea fue calibrado en umbrales de fuerza equivalentes (dB re: 1 μ Newton (N) utilizando los modelos del sonómetro y la mastoides artificial 4930 referidos anteriormente. El peso de la mastoides artificial fue ajustado para proporcionar una fuerza de 4.5 Newton sobre el vibrador óseo. La intensidad límite del vibrador B-71 para cada estímulo, fue determinada chequeando el cambio lineal según el incremento de los niveles de fuerza y por la inspección visual de las características de la forma de onda en el osciloscopio. Los límites máximos fueron 118, 116, 112, y 102 dB re: 1 μ N.

Registro:

Los potenciales evocados auditivos de estado estable se registraron con el equipo AUDIX V (modelo # NDOO1A USB, Neuronica SA). Se utilizaron electro-

dos de disco (Ag/AgCl) fijados al cuero cabelludo mediante pasta conductora, colocando el electrodo activo (positivo) sobre punto central en línea media del vertex craneal (Cz), el electrodo de referencia (negativo) en la mastoides ipsilateral al oído estimulado y el electrodo de tierra en la mastoides contralateral. Los valores de impedancia se fijaron por debajo de 5 k Ω . La actividad bioeléctrica se amplificó con una ganancia de 100.000 y se filtró analógicamente con un ancho de banda entre 10 y 300 Hz. Para obtener cada potencial se promediaron entre 32 y 40 segmentos de electroencefalografía (EEG) de 11.2 segundos cada uno (8192 muestras digitalizadas con una frecuencia de muestreo de 920 Hz). En esta investigación se detectó la respuesta mediante su aplicación y se calculó en línea para cada segmento de EEG o ventana de análisis. El resultado (espectro de la respuesta) se actualizaba gráficamente en la pantalla del monitor durante el proceso de promediación. Para la detección de la respuesta, se utilizó a prueba T2 de Hotelling (T2H) que evalúa la diferencia entre los componentes de la señal y la media de los componentes del espectro usado para estimar el ruido (60 puntos a cada lado de la frecuencia de la señal). La T2H se calculó en línea durante la promediación de cada ventana, y los resultados de la detección estadística de la respuesta se actualizan también de forma continua en pantalla. El nivel de significación estadística para la detección de la señal se fijó para $p < 0.05$.

El estímulo acústico consistió en una combinación de tonos portadores continuos de 0.5, 1, 2, y 4 Khz modulados en amplitud (95% de profundidad) a las frecuencias de 105, 108, 111 y 115 Hz, respectivamente, el cual fue presentado monoauralmente a través del audífono TDH - 49 para el estudio de la vía aérea; y por el vibrador B 71 para la vía ósea, colocando el mismo a 2 cm del electrodo de referencia.

Resultados

Sujetos normoyentes

En la tabla 1 se muestran los valores de la media y desviación estándar del umbral electrofisiológico (UE) obtenidos como resultado de la exploración de la vía aérea y ósea a cada una de las frecuencias exploradas (entre 0,5 y 4 kHz). Se muestran además los valores del intervalo aéreo-óseo electrofisiológico (diferencia entre el umbral aéreo y óseo). Nótese que los resultados para el intervalo aéreo-óseo electrofisiológico (PEAee MF) se encuentran en un rango entre los 4 y 10 dB.

Las diferencias entre los valores conductuales y electrofisiológicos para la brecha aéreo-ósea resultaron entre 2-3 dB HL, siendo inferiores al compararlos con los datos obtenidos para la vía aérea (13-15 dB HL) y la vía ósea (10-12 dB HL).

Pacientes con hipoacusia conductiva

En este grupo se evaluaron 14 pacientes con hipoacusia conductiva (15 oídos). Los estudios de imágenes con

FP	Audiometría tonal			PEAee MF		
	VA	VO	BA-O	VA	VO	BA-O
500 Hz	17 ± 4	14 ± 5	3 ± 4	30 ± 5	25 ± 6	5 ± 7
1000 Hz	14 ± 5	12 ± 4	1 ± 3	29 ± 5	25 ± 6	4 ± 8
2000 Hz	18 ± 4	12 ± 4	6 ± 5	31 ± 6	22 ± 6	9 ± 7
4000 Hz	19 ± 5	12 ± 4	6 ± 4	34 ± 5	24 ± 7	10 ± 7

Tabla 1: Valores de media y desviación estándar para la vía aérea, ósea y la brecha aéreo-ósea obtenidos con la audiometría tonal y los potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias en un grupo de niños normooyentes. FP: Frecuencia portadora. VA: Vía Aérea. VO: Vía Ósea. BA-O: Brecha aéreo-ósea. N=15

FP	Audiometría tonal			PEAee MF		
	VA	VO	BA-O	VA	VO	BA-O
500 Hz	68 ± 12	17 ± 4	50 ± 13	82 ± 12	28 ± 8	54 ± 16
1000 Hz	66 ± 15	18 ± 3	47 ± 14	81 ± 13	28 ± 7	53 ± 14
2000 Hz	61 ± 13	17 ± 4	43 ± 13	74 ± 14	28 ± 6	46 ± 14
4000 Hz	60 ± 10	16 ± 4	44 ± 10	71 ± 9	27 ± 8	44 ± 14

Tabla 2: Valores de media y desviación estándar para la vía aérea, ósea y la brecha aéreo-ósea obtenidos con la audiometría tonal y los potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias en los pacientes con hipoacusia conductiva.

tomografía computarizada demostraron desde el punto de vista anatómico agenesia del conducto auditivo externo y displasia de la cadena osicular, con una morfología normal del oído interno. La Tabla 2 muestra los valores de la media y desviación estándar de los umbrales de conducción aérea, ósea y la diferencia entre ambas vías obtenidas con la audiometría tonal y los PEAee MF. Nótese que la brecha aéreo-ósea electrofisiológica presenta la configuración típica descrita para las hipoacusias conductivas en audiología, con un mayor valor para las frecuencias graves al compararla con las agudas. La Figura 1 ilustra estos resultados con el ejemplo de la electroaudiometría (PEAee MF) de un paciente con agenesia del conducto auditivo externo.

El análisis de ANOVA de medidas repetidas, no mostró diferencias significativas entre los umbrales de la vía ósea de estos pacientes y el grupo de sujetos normooyentes ($F(2, 27)=2.04, p=0.14$), lo cual es otra característica de este tipo de pérdida auditiva, que se distingue por la conducción normal a través del hueso, con elevación de los umbrales de la vía aérea por afectación del oído externo y medio con un funcionamiento normal del oído interno.

Las diferencias entre los datos conductuales y electrofisiológicos para este grupo se encontraron en un rango de (11-15 dBHL) para la vía aérea, (10-11 dBHL) para la vía ósea y de (0-5 dBHL) para la brecha aéreo-ósea, describiendo las mismas características obtenidas en los sujetos normooyentes.

Discusión

La presente investigación, constituye el primer estu-

dio clínico-electrofisiológico que evidencia la utilidad clínica de la brecha aéreo-ósea obtenida con la técnica de los PEAee MF. Como resultado más significativo, se señaló la correlación robusta y significativa que se encontró entre la brecha aéreo-ósea calculada a partir de los umbrales del PEAee MF y los valores que se determinaron mediante la audiometría conductual. Los resultados de la evaluación objetiva, permitieron distinguir los niños con audición normal de aquellos con hipoacusia conductiva.

Sujetos normo-oyentes

Hasta el momento sólo se han reportado 4 investigaciones donde se evalúa la utilidad de la brecha aéreo-ósea con PEAee MF (Jeng y col., 2004; Hernández y col., 2007; Swanepoel y col., 2008); en sujetos normooyentes, con pérdidas auditivas simuladas y pacientes hipoacúsicos. Los valores de la brecha aéreo-ósea obtenidos en este estudio en el grupo de sujetos con audición normal ($5 \pm 7, 4 \pm 8, 9 \pm 7, 10 \pm 7$) para las frecuencias de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. Este resultado coincide con lo reportado por Hernández y col., 2007 ($7 \pm 8, 6 \pm 8, 6 \pm 7, 13 \pm 8$) y comparable con el reporte de Swanepoel y col., 2008 ($18.8 \pm 7.9, 16 \pm 13.2, 3.8 \pm 9.3, 7.4 \pm 6.8$), aunque difieren en este último estudio en las frecuencias graves, los cuales resultaron mayores que los obtenidos en nuestra investigación. Esta diferencia, se explica debido a la edad de los sujetos incluidos en cada estudio, ya que en 2008, Swanepoel evaluó niños pequeños donde se ha reportado en investigaciones anteriores (Small y Stapells, 2006) que existe una modificación de los umbrales por vía ósea en función

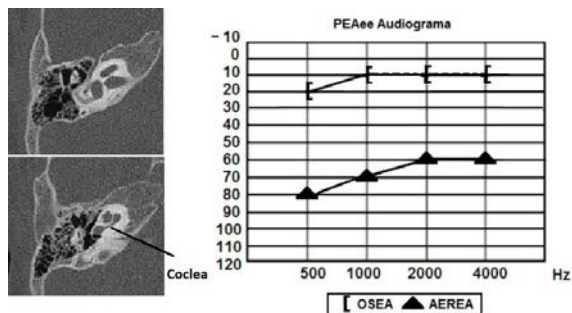


Figura 1: Resultados correspondientes a un paciente con agenesia del conducto auditivo externo. A la izquierda se muestra el estudio de imágenes por tomografía axial computarizada de hueso temporal donde se observa la malformación de oído externo y cóclea normal. A la derecha se representa el audiograma electrofisiológico (PEAee MF). Nótese la brecha aéreo-ósea mayor a para 500 y 1000 Hz.

de la frecuencia, favoreciendo la características de la mastoides la conducción de los sonidos graves; haciendo entonces que la diferencia con la vía aérea ó brecha aéreo-ósea se afecte de igual manera; lo cual se diferencia de lo reportado en esta investigación donde la edad de los niños estuvo entre los 9 y 14 años.

Un aspecto a analizar en los valores del umbral de la vía ósea con los PEAee a múltiples frecuencias, fue su relación con las diferencias entre los datos electrofisiológicos y conductuales. Las diferencias halladas aquí entre el UE y el UC para la vía ósea en los sujetos normo-oyentes fueron de 11 ± 3 , 12 ± 7 , 10 ± 6 y 12 ± 6 para las frecuencias de 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz respectivamente, las cuales se encuentran en el rango de lo reportado por Lins y cols. (11 ± 5 , 14 ± 8 , 9 ± 8 y 10 ± 10); Dimitrijevic y cols. (2001, 2002) (22 ± 8 , 14 ± 5 , 5 ± 8 y 5 ± 10); Ishida y col., (2011) (13.7 ± 10.9 , 11.6 ± 13 , 10.9 ± 10.9 y 8.0 ± 6.8) y lo reportado anteriormente por Hernández y col., 2007 (7 ± 6 , 9 ± 6 , 8 ± 8 y 9 ± 7). Un aspecto importante es la diferencia entre los valores de la brecha aéreo-ósea conductual y electrofisiológica, los cuales se encontraron en un rango entre 2-3 dBHL para las 4 frecuencias exploradas, manteniéndose similares a los reportados por Hernández y col. (2007), 0-4 dBHL; no existiendo otros datos en la literatura con los cuales se pueda comparar estos resultados.

Pacientes con hipoacusia conductiva

En la literatura científica, existe una publicación que aborda el estudio de la brecha aéreo-ósea evaluada mediante PEAee MF y audiometría tonal en pacientes con hipoacusia conductiva (Nagashima y col., 2013). Esta variable además fue evaluada en un estudio anterior, con un grupo de sujetos normoyentes con pérdidas conductivas simuladas (Jeng y col., 2004), obteniéndose un valor de correlación significativa entre los datos conductuales y electrofisiológicos de 0.81, lo cual coincide con lo reportado en esta investigación donde la correlación fue de 0.85. El error de estimación en-

contrado en nuestro estudio (0-5 dBHL) para la brecha aéreo-ósea se encuentra dentro del rango reportado por los autores antes mencionados (2-10 dBHL); aunque con una pequeña discrepancia que puede explicarse por la diferencia entre las muestras estudiadas. Ambos resultados, confirman la utilidad de los PEAee para discriminar entre sujetos normoyentes y pacientes con afectaciones de oído externo y medio.

Los valores de la brecha aéreo-ósea en nuestra investigación (54 ± 16 , 53 ± 14 , 46 ± 14 , 44 ± 14) resultaron superiores al compararlos con lo reportado por Nagashima y col., 2013 (32.5 dB a 500 Hz, 22.5 dB a 1000 Hz, 7.5 dB a 2000 Hz y 22.5 dB a 4000 Hz) debido a que en este caso estos valores corresponden a pacientes con otitis media.

Otro aspecto a discutir en este acápite es la similitud entre los valores de la vía ósea obtenidos con los PEAee MF en nuestra investigación (28 ± 8 , 28 ± 7 , 28 ± 6 , 27 ± 8) para 500, 1000, 2000 y 4000 Hz respectivamente y lo reportado por Swanepoel y col. (2008), (19.4 ± 8.5 , 25 ± 11.3 , 24.3 ± 8.5 , 25.3 ± 11.9) en niños con pérdidas conductivas. Nótese que en el caso de 500 Hz existe una diferencia importante entre ambos reportes, similar a lo ocurrido en el grupo normoyentes; lo cual se explica por la influencia del factor edad entre la muestra estudiada en ambos estudios, siendo en el segundo caso niños pequeños donde se favorece la conducción de sonidos graves. Es necesario señalar que en ambas investigaciones, los umbrales de la vía ósea entre el grupo con audición normal y aquellos con hipoacusias conductivas, fueron similares; lo que muestra la utilidad de la técnica para evaluar sujetos con conducción ósea normal y discriminar de aquellos con pérdidas auditivas.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación confirman la utilidad de la técnica de los PEAee MF, para diferenciar a través de la brecha aéreo-ósea objetiva los niños con audición normal de aquellos con pérdidas conductivas. En los 2 grupos evaluados, sujetos normoyentes y pacientes con hipoacusia conductiva; se obtuvieron valores de correlación significativos y robustos para la brecha aéreo-ósea entre los datos conductuales y electrofisiológicos; consistentes con lo reportado por Jeng y col., (2004).

Un aspecto muy importante a señalar en el presente estudio es que en nuestros datos no hubo diferencias en el error de estimación para las 4 frecuencias estudiadas; ya sea en la exploración de la vía aérea u ósea. Estos hallazgos difieren de lo reportado en la literatura por otros investigadores (Rance y col., 1995; Herman y Stapells, 2003; Ishida y col., 2011), donde el umbral para 500 Hz resulta mayor que el resto de las frecuencias; afectándose sobre todo en la vía ósea (Ishida y col., 2011). Esta discrepancia puede explicarse por diferentes factores tales como la influencia del ruido ambiente durante los estudios; los diferentes parámetros de estímulo y calibración de cada equipo; el procedimiento durante los registros en cuanto a la colocación del transductor óseo; así como el número de sujetos que se incluyen en cada investigación lo cual puede introducir una varia-

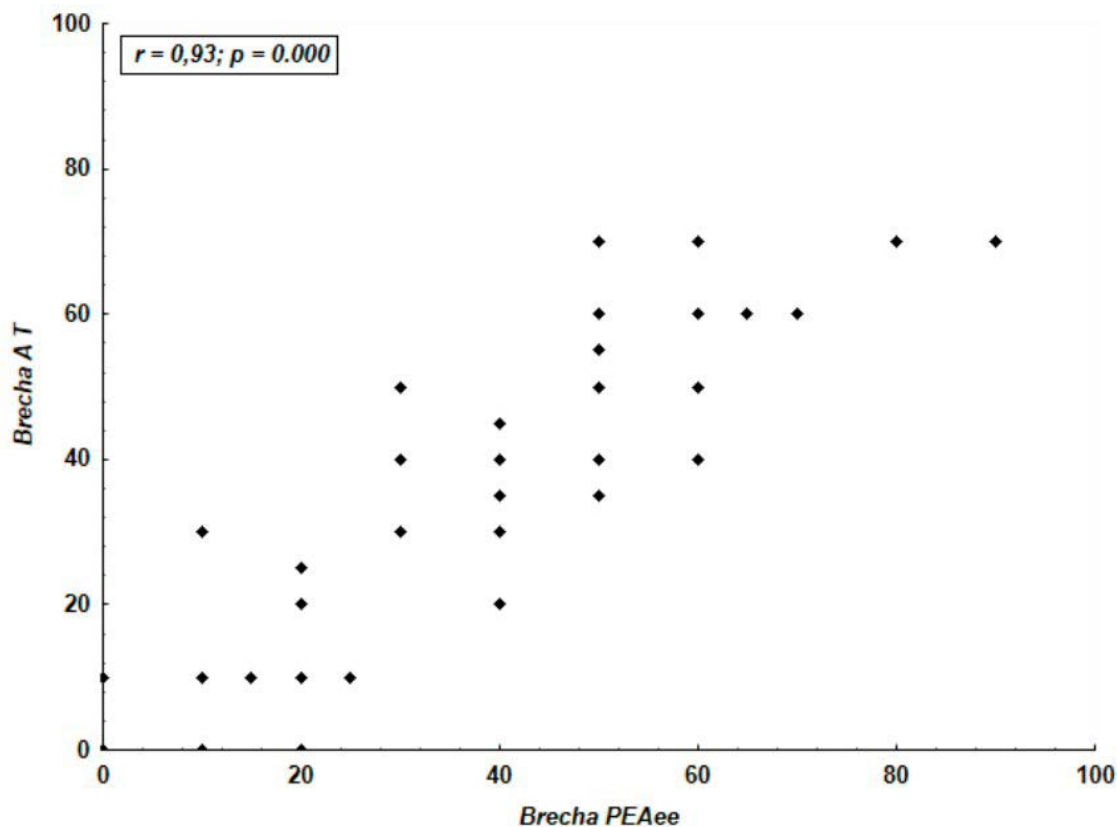


Figura 2: Correlación entre la brecha aéreo ósea conductual obtenida con la audiometría tonal (B AT) y electrofisiológica (B PE Aee MF).

bilidad importante en los datos obtenidos con el procesamiento estadístico.

Cuando se analiza esta variable para la brecha aéreo-ósea; existe una diferencia significativa al compararla con los valores obtenidos para la vía aérea y ósea en los 2 grupos evaluados, siendo muy cercano el valor conductual de los datos electrofisiológicos. La explicación de este resultado pudiera ser que el cálculo de este valor para cada una de las frecuencias, tiene implícito el error propio para cada vía de conducción por lo que al final resulta similar al calcularlo ya sea en con la audiometría tonal ó PE Aee MF.

Otro análisis posible a realizar, lo constituye los tipos de audiogramas electrofisiológicos obtenidos para cada grupo. En los normoyentes la distancia entre los valores de la brecha aéreo-ósea tuvo poca diferencia para las 4 frecuencias, lo cual se corresponde según lo esperado desde el punto de vista audiológico.

La presente investigación demuestra la utilidad de los potenciales evocados auditivos de estado estable para la caracterización objetiva de la brecha aéreo ósea en pacientes con hipoacusia conductiva por malformaciones congénitas del oído, debiéndose continuar el estudio con una muestra mayor de pacientes con donde se introduzca la evaluación de la hipoacusia neurosensorial.

Conclusiones

- Los PE Aee MF constituyen un método confiable para evaluar la brecha aéreo-ósea; diferenciando entre sujetos normoyentes de aquellos con diferentes tipos de hipoacusia.
- La brecha aéreo ósea estimada con los PE Aee MF se puede utilizar para clasificar la hipoacusia.
- En el caso de la hipoacusia conductiva; hubo un mayor valor de la brecha aéreo-ósea en las frecuencias de 500 y 1000 Hz. Esto se corresponde con lo reportado por Jeng y col., (2004), donde fueron obtenidos resultados similares en sujetos con hipoacusia conductiva simulada. En ambos estudios, los valores entre los datos conductuales y electrofisiológicos fueron similares, lo que permite confirmar la posibilidad de utilizar este tipo de potencial para la caracterización audiológica de los niños con trastornos de conducción.

Referencias bibliográficas

1. **Campbell PE, Harris CM, Hendricks S, Sirimanna T.** Bone conduction auditory brainstem responses in infants. *J Laryngol Otol* 2004; 118:117-122.
2. **Casey KA, Small SA.** Comparisons of auditory steady state response and behavioral air conduction and bone conduction thresholds for infants and adults with normal hearing. *Ear Hear* 2014; 35:423-39.
3. **Cone-Wesson B, Ramirez GM.** Hearing sensitivity in newborns estimated from ABRs to bone-conducted sounds. *J Am Acad Audiol* 1997; 8:299-307.
4. **Cone-Wesson B, Rickards F, Poulis C, Parker J, Tan L, Pollard J.** The auditory steady-state response: clinical observations and applications in infants and children. *J Acad Audiol* 2002; 13:270-282.
5. **Dimitrijevic A, John MS, Van Roon P, Picton TW.** Human auditory steady-state responses to tones independently modulated in both frequency and amplitude. *Ear Hear* 2001; 22:100-111.
6. **Dimitrijevic A, John MS, Van Roon P, Purcell DW, Adamonis J, Ostroff J y col.** Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol* 2002; 13:205-224.
7. **Herdman AT, Stapells DR.** Thresholds determined using the monotonic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. *Scand Audiol* 2001; 30:41-49.
8. **Hernández Cordero, M. C.; Pérez Abalo, M. C.; Rodríguez Dávila, E.; Rioja Rodríguez.** La audiometría por vía ósea mediante potenciales evocados auditivos de estado estable a multifrecuencia: estudio en sujetos normoyentes. *Rev Logop Foniatr Audiol* 2007; 27:86-91.
9. **Hernández Cordero, M. C.; Pérez Abalo, M. C.** Evaluación objetiva de la conducción del sonido por vía ósea con potenciales evocados auditivos. *Auditio* 2012; 3: 61-66.
10. **Jeng FC, Brownt CJ, Johnson TA, Vander Werff KR.** Estimating air-bone gaps using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol* 2004; 15:67-78.
11. **Ishida IM, Cuthbert BP, Stapells DR.** 2012. Multiple auditory steady state response thresholds to bone conduction stimuli in adults with normal and elevated thresholds. *Ear Hear* 2011; 32:373-81.
12. **Katz J.** *Hanbook of Clinical Audiology.* Lippicott WilliamsyWilkins, 2002:307- 319.
13. **Lins OG, Picton TW.** Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995; 96:420-432.
14. **Lins OG, Picton PE, Picton TW, Champagne SC, Durieux-Smith A.** Auditory steady-state responses to tones amplitude-modulated at 80-110 Hz. *J Acoust Soc Am* 1995; 97:3051-3063.
15. **Lins OG, Picton TW, Boucher BL, Durieux-Smith A, Champagne SC, Moran LM, Perez-Abalo MC, Martin V, Savio G.** Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear* 1996; 17:81-96.
16. **Nagashima H, et al.** Air-bone gap estimated with multiple auditory steady-state response in young children with otitis media with effusion. *Auris Nasus Larynx* 2013; 40:534-538.
17. **Perez-Abalo MC, Savio G, Torres A, Martin V, Rodriguez E, Galan L.** Steady state responses to multiple amplitude-modulated tones: an optimized method to test frequency-specific thresholds in hearing-impaired children and normal-hearing subjects. *Ear Hear* 2001; 22:200-211.
18. **Picton TW, John MS.** Avoiding electromagnetic artifacts when recording auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol* 2004; 15:541-54.
19. **Savio G, Pérez-Abalo MC, Valdéz JL, et al.** Potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias: Una nueva alternativa para evaluar la audición en forma objetiva. *Acta de Otol y Cirugía de Cabeza y Cuello* 1997; 25: 87-97.
20. **Savio G, Cardenas J, Perez AM, Gonzalez A, Valdes J.** The low and high frequency auditory steady state responses mature at different rates. *Audiol Neurootol* 2001; 6:279-287.
21. **Stapells DR, Ruben RJ.** Auditory brain stem responses to bone-conducted tones in infants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1989; 98:941-949.
22. **Small SA, Stapells DR.** Multiple auditory steady-state response thresholds to bone-conduction stimuli in young infants with normal hearing. *Ear Hear* 2006; 27:219-228.
23. **Small SA, Stapells DR.** Artifactual responses when recording auditory steady-state responses. *Ear Hear* 2004; 25:611-623.
24. **Small SA, Stapells DR.** Multiple auditory steady-state responses to bone-conduction stimuli in adults with normal hearing. *J Am Acad Audiol* 2005; 16:172-183
25. **Swanepoel de W, Ebrahim S, Friedland P, Swanepoel A, Pottas L.** Auditory steady-state responses to bone conduction stimuli in children with hearing loss. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2008. 72: 1861-1871.
26. **Valdes JL, Perez-Abalo MC, Martin V, Savio G, Sierra C, Rodriguez E, Lins O.** Comparison of statistical indicators for the automatic detection of 80 Hz auditory steady state responses. *Ear Hear* 1997; 18:420-429.
27. **Young JS, Chanbeom K, Saea K, Yoon AP.** Update on Bone-Conduction Auditory Brainstem Responses:A Review. *J Audiol Otol* 2018; 22:53-58.
28. **Wadhwa, R., Hernot, S., Gulati, S. P., y Kalra, V.** A controlled comparison of auditory steady-state responses and pure-tone audiometry in patients with hearing loss. *Ear, Nose y Throat Journal* 2017; 96: E47-E52.

