

M. C. Hernández Cordero
M. C. Pérez Abalo
E. Rodríguez Dávila
L. Rioja Rodríguez

La audiometría por vía ósea mediante potenciales evocados auditivos de estado estable a multifrecuencia: estudio en sujetos normooyentes

Centro de Neurociencias de Cuba
Ciudad de la Habana, Cuba

Resumen

En este trabajo se examina la utilidad de la audiometría mediante potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias para evaluar los umbrales de audibilidad por vía ósea y el intervalo aéreo-óseo. Fueron estudiados 15 niños normooyentes (30 oídos) con edades entre 7-15 años. Todos fueron evaluados mediante audiometría tonal liminar y potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias. Los potenciales evocados fueron obtenidos con el equipo AUDIX V. Se utilizó como estímulo una mezcla de tonos portadores de 0,5, 1, 2 y 4 kHz modulados en amplitud a las frecuencias de 104, 108, 111 y 115 Hz respectivamente, estimulando la vía ósea con el transductor B71 (mastoides) y la vía aérea con auriculares de inserción a intensidades variables (vía aérea 50-10 dB HL; vía ósea 40-10 dB HL). Las diferencias de umbral estuvieron en un rango entre 7-9 dB para la vía ósea y entre 8-13 dB para la vía aérea. Se obtuvieron valores de correlación significativos entre los umbrales conductuales y electrofisiológicos para la vía ósea ($r = 0,70$). Las diferencias entre la estimación conductual y electrofisiológica para el intervalo aéreo-óseo estuvo en un rango entre 0 y 4 dB, obteniéndose un valor de correlación de 0,61 en el análisis global. Se concluye que la audiometría mediante potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias por vía ósea constituye una metodología objetiva fiable en el niño normooyente, aportando una información valiosa

para la caracterización del intervalo aéreo-óseo y los umbrales de audibilidad para la vía ósea.

Palabras claves: Intervalo aéreo-óseo, potenciales evocados auditivos de estado estable, vía ósea

Bone conduction audiometry with multiple auditory steady state responses: A study in normal hearing subjects

Here we examine the clinical usefulness of multiple auditory steady state responses to estimate the frequency specific thresholds to bone and air conduction stimuli and the air-bone gap. For this purpose was studied a group of normal hearing children (30 ears) with ages between 7-15 years. For each child the audiometric thresholds to bone- and air- conduction stimuli were determined behaviorally (pure tones) and with multiple auditory steady state responses (four carrier tones (0.5, 1, 2 and 4KHz) modulated in amplitude at rates of 104, 108, 111 and 115 respectively). All Multiple auditory steady state responses were obtained with the AUDIX V system. The acoustic stimuli were presented simultaneously through B71 bone vibrator placed at the mastoid or insert phones at variable intensities (Air Conduction 50-10 dB HL; Bone Conduction 40-10 dB HL). The thresholds differences were between 7-9 dB for bone conduction and 8-13 dB for air conduction. Significant correlations were found between physiological and behavioural thresholds for bone conduction stimuli at all test frequencies ($r=0.70$). Physiological air-bone gap was almost equivalent to the behavioral estimate at each explored frequency (differences between 0-4 dB). The value of the correlation coefficient to air bone gap with all frequency collapsed was 0.61. In conclusion the MSSR technique can accurately evaluate both Bone Conducted and Air Conducted thresholds in

Correspondencia:
María del Carmen Hernández Cordero
Departamento de Fonoaudiología
Centro de Neurociencias de Cuba
Avda. 25 No. 15202 esquina 158

Municipio Playa
Ciudad de la Habana, Cuba
CP 11600.
Correo electrónico:
maryear2003@yahoo.es

normal hearing children thus contributing to obtain an objective estimate of the air bone gap.

Key words: Air bone gap, auditory steady state responses, bone conduction

Introducción

Uno de los objetivos más importantes de la investigación en electroaudiometría (evaluación objetiva de la audición mediante potenciales evocados) se ha centrado en la estimación de los umbrales mínimos de audibilidad en toda la gama de frecuencias audibles, lo que se conoce como audiograma tonal liminar (Katz, 2002). Habitualmente en audiología convencional se determina el audiograma tonal liminar por métodos psicofísicos (conductuales), presentando tonos continuos de diversas frecuencias por vía aérea y por vía ósea. De la comparación entre la percepción del sonido por ambas vías (intervalo aéreo-óseo) se extrae información de gran valor para el diagnóstico diferencial de las hipoacusias (Katz, 2002). Particularmente los umbrales obtenidos en el estudio de la vía ósea, son importantes para la evaluación de la reserva coclear en dos grupos de patologías: las otitis y malformaciones congénitas auditivas (Jahrsdoerfer, R. A., Yeakley, J. W., Hall, J. W., Robbins, K. T. y Gray, L. C., 1985; Stapells, D. R. y Ruben, R. J., 1989; Teufert, K. B., 2004; Durko, M., 2004).

Como los métodos conductuales existentes para la audiometría por vía ósea resultan poco confiables a edades tempranas, se han propuesto varias alternativas en el terreno de la electroaudiometría para estimar el intervalo aéreo-óseo. La mayoría de estas se basan en el registro de respuestas auditivas de tipo transitorio, siendo el potencial auditivo de tronco cerebral el más utilizado (PEATC). Si bien las metodologías basadas en el registro de los PEATC han resultado exitosas para la estimación del audiograma tonal aéreo, en el caso de la vía ósea la efectividad de los métodos propuestos ha sido más limitada. Una posible razón para esto deriva de la necesidad de utilizar estímulos acústicos breves, como el clic y el estímulo tonal breve (ETB) para provocar las respuestas de tipo transitorio. Estos estímulos al pasar por el transductor óseo sufren modificaciones importantes en sus características espectrales y acústicas, de manera que la respuesta tiene alteraciones consecuentes de latencia y morfología (Schwartz, D. M., Larson, V. D. y de Chicchis, A. R., 1985). Esto a su vez

la hace más difícil de detectar, sobre todo a intensidades de estimulación bajas cercanas al umbral de audibilidad.

En la última década se comienza a utilizar con éxito una nueva metodología electroaudiométrica basada en el registro de potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAee) a 80 Hz (Lins, O. G. y Picton, T. W., 1995; Lins, O. G., Picton, T. W., Boucher, B. L., Durieux-Smith, A., Champagne, S. C., Moran, L. M. y cols., 1996; Valdes, J. L., Perez-Abalo, M. C., Martin, V., Savio, G., Sierra, C., Rodriguez, E. y cols., 1997; Perez-Abalo, M. C., Savio, G., Torres, A., Martin, V., Rodriguez, E. y Galan, L., 2001). Los PEAee son respuestas periódicas cuasi-sinusoidales, que se generan a frecuencias de estimulación lo suficientemente rápidas, de manera que se superpone la respuesta o potencial evocado (PE) transitorio provocada por un estímulo, con la del estímulo subsiguiente (Lins y cols., 1995). Por sus características acústicas, los tonos modulados en amplitud (AM) pueden ser presentados también a través de un transductor óseo sin sufrir grandes modificaciones. En consecuencia se puede evitar el artefacto electromagnético en la respuesta, que se ha asociado a la estimulación por clic o ETB (Schwartz, D. M. y cols., 1985). Existen múltiples investigaciones que han demostrado la utilidad de esta técnica para la estimación del audiograma tonal aéreo tanto en sujetos normooyentes (Lins y cols., 1995; Lins y cols., 1996; Herdman, A. T. y Stapells, D. K., 2003; Savio, G., Cardenas, J., Perez, A. M., Gonzalez, A. y Valdes, J., 2001; Picton, T. W., Dimitrijevic, A. y John, M. S., 2002; Picton, T. W., John, M. S., Dimitrijevic, A. y Purcell, D., 2003) como hipoacúsicos (Savio, G., Pérez-Abalo M. C., Valdes, J. L., Martín, V., Sierra C. E. y Rodríguez, E., 1997; Pérez Abalo y cols., 2001; Dimitrijevic, A., John, M. S., van Roon, P., Purcell, D. W., Adamonis, J., Ostroff, J. y cols., 2002; Herdman, A. T. y Stapells, D. K., 2003; Stueve, M. P. y O'Rourke, C., 2003; Firszt, J. B., Gaggl, W., Runge-Samuels, C. L., Burg, L. S. y Wackym, P. A., 2004). Sin embargo, hasta la fecha sólo unos pocos estudios han evaluado la fiabilidad de estimar los umbrales de PEAee por vía ósea (Lins y cols., 1996; Dimitrijevic y cols., 2002; Jeng, F. C., Brownt, C. J., Johnson, T. A., Vander Werff, K. R., 2004; Small, S. A., Stapells, D. R., 2004; Small, S. A y Stapells, D. R., 2005; Small, S. A. y Stapells, D. R., 2006; Picton, T. W. y John, M. S., 2004). Por otra parte, la mayoría de estos autores sólo han examinado la utilidad de la vía ósea en muestras pequeñas de sujetos normooyentes (Lins y cols., 1996; Dimitrijevic y cols., 2002; Small, S. A, Stapells y D. R., 2005, Small, S. A y Stapells, D. R., 2006) y con pérdidas auditivas

simuladas (Jeng y cols., 2004). De manera que hasta la fecha prácticamente no hay información acerca de su posible utilidad clínica en pacientes con pérdidas auditivas.

En el presente trabajo, nos propusimos como objetivo examinar la utilidad de los PEAA a múltiples frecuencias para la estimación de los umbrales audiométricos obtenidos con la estimulación de la vía ósea y aérea, así como para la determinación objetiva del intervalo aéreo-óseo. Para esto, se realizó un estudio clínico y electrofisiológico en una muestra de niños con audición normal.

Materiales y métodos

Sujetos

Se estudiaron 15 niños sanos (30 oídos) con edades comprendidas entre 7 y 15 años.

El estudio se realizó en dos etapas donde cada niño se evaluó con los exámenes audiológicos convencionales, que incluyeron la otoscopia y audiometría tonal liminar (aérea y ósea). Posteriormente se obtuvieron los PEAA a múltiples frecuencias, utilizando para ello estimulación por la vía aérea y ósea. Los sujetos se registraron acostados y relajados o dormidos.

Registro

Los PEAA se registraron con el equipo AUDIX (modelo # NDO01A USB, Neuronics S.A.). Los registros de PEAA a múltiples frecuencias se obtuvieron en un local silente (no sonoamortiguado). Los niveles de ruido ambiente fueron de 43,7 dB (500 Hz), 43 dB (1.000 Hz), 37,3 dB (2.000 Hz) y 32,9 dB (4.000 Hz), los cuales se midieron con un sonómetro Brüel y Kjaer, modelo 2260 y un micrófono tipo 4144. Se utilizaron electrodos de disco (Ag/AgCl) fijados al cuero cabelludo mediante pasta conductora, colocando el electrodo activo (positivo) en la posición Cz, el electrodo de referencia (negativo) en la mastoide ipsilateral al oído estimulado y el electrodo de tierra en la mastoide contralateral. Los valores de impedancia se fijaron por debajo de 5 k Ω . La actividad bioeléctrica se amplificó con una ganancia de 12.000 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 EEG de 11,2 s cada

uno (8.192 muestras digitalizadas con una frecuencia de muestreo de 920 Hz). La FFT (transformada rápida de Fourier, por sus siglas en inglés) 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 la 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 104, 108, 111 y 115 Hz, respectivamente, el cual fue presentado monoauralmente a través del auricular de inserción para el estudio de la vía aérea; y por el vibrador B71 colocado en la mastoide para la vía ósea.

Resultados

En la figura 1 se ilustra en un niño con audición normal, la audiometría por PEAA con estimulación a múltiple frecuencia por vía aérea y ósea. Nótese en el audiograma como los valores del umbral para la vía aérea son superiores a los de la vía ósea, con un intervalo aéreo-óseo de 20 dB para los 500 Hz y 10 dB para 1.000, 2.000 y 4.000 Hz.

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 (PEAA a múltiples frecuencias) se encuentran en un rango entre los 6 y 13 dB, siendo mayor para los 4.000 Hz.

En la tabla 2 se pueden apreciar las diferencias entre la exploración conductual y electrofisiológica de los umbrales por vía aérea y ósea y el intervalo aéreo-óseo. Obsérvese que las diferencias en todos los

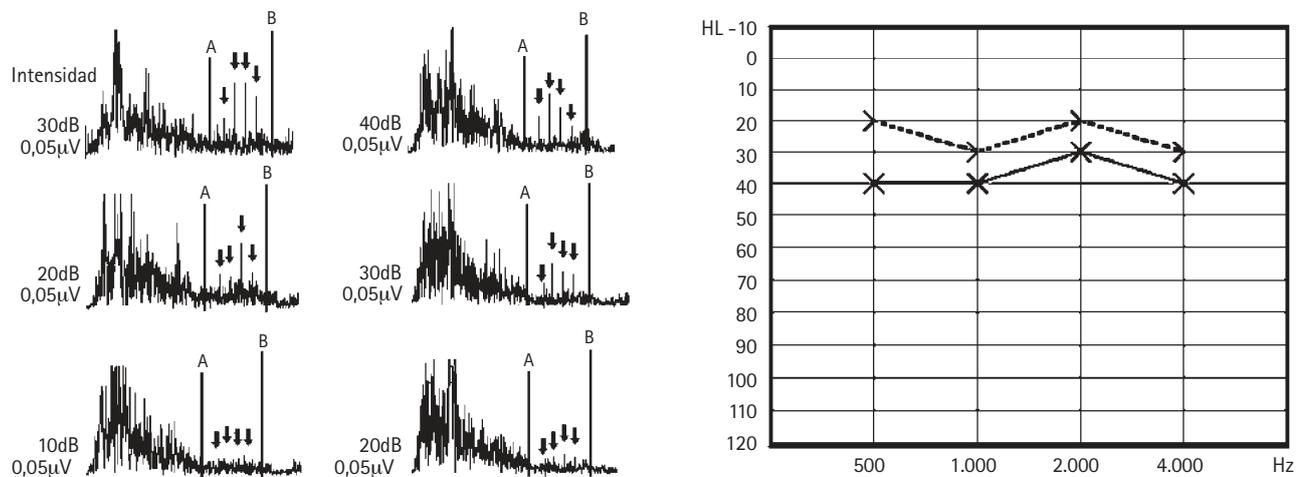


Figura 1 A la izquierda se muestra un registro típico de los potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias al estimular la vía ósea y aérea en un niño con audición normal. A la derecha el audiograma electrofisiológico correspondiente donde se visualizan los valores del intervalo aéreo-óseo para las cuatro frecuencias.

casos son inferiores a los 15 dB; siendo incluso menores para el intervalo aéreo-óseo (entre 0-4 dB).

Para analizar estadísticamente la correspondencia entre los resultados de la evaluación conductual y electrofisiológica (PEAee a múltiples frecuencias) en la evaluación de la vía ósea, se realizó un análisis de correlación lineal. Este se efectuó por separado para cada frecuencia audiométrica y globalmente (colapsando todas las frecuencias), con los valores individuales de UC, UE y los del intervalo aéreo-óseo. En el caso del análisis del umbral las correlaciones fueron significativas para todas las frecuencias con coeficientes de correlación entre 0,52 y 0,64 con una $p < 0,05$. El

análisis de correlación realizado colapsando los resultados para las cuatro frecuencias, fue altamente significativo con un valor de $r = 0,70$ ($p = 0,01$). Resultados similares se obtuvieron en el caso del intervalo aéreo-óseo donde en el análisis global el valor obtenido fue de $r = 0,61$ ($p = 0,01$).

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación, realizada en una muestra de niños normooyen-

Tabla 1 Valores de media y desviación estándar para la vía aérea, ósea y el intervalo aéreo-óseo obtenidos con los potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias en un grupo de niños normooyentes. Nótese que el valor mayor del intervalo fue para los 4.000 Hz.

	500	1.000	2.000	4.000
VÍA AÉREA	37 ± 10	37 ± 9	35 ± 10	41 ± 7
VÍA ÓSEA	30 ± 9	31 ± 9	28 ± 9	27 ± 7
I A-O	7 ± 8	6 ± 8	6 ± 7	13 ± 8

I A-O: Intervalo aéreo-óseo.

Tabla 2 Diferencias entre el umbral de la vía aérea, ósea y el intervalo aéreo-óseo obtenidas con la exploración conductual y electrofisiológica para las cuatro frecuencias exploradas. Nótese como los valores para el intervalo aérea-óseo son inferiores a los resultados obtenidos para el umbral.

	500	1.000	2.000	4.000
VÍA AÉREA	9 ± 7	10 ± 7	8 ± 6	13 ± 6
VÍA ÓSEA	7 ± 6	9 ± 6	8 ± 8	9 ± 7
I A-O	0 ± 5	0 ± 7	1 ± 6	4 ± 7

I A-O: Intervalo aéreo-óseo.

tes demuestra la utilidad clínica de la audiometría por vía ósea con la técnica de PEAA a múltiples frecuencias. Hasta el momento sólo se han publicado algunos trabajos que evalúan la utilidad del PEAA a múltiples frecuencias para la exploración audiométrica de la vía ósea en pequeñas muestras de sujetos normooyentes (Lins y cols., 1996; Dimitrijevic y cols., 2002; Small y Stapells, 2005; Small y Stapells, 2006) y con pérdidas auditivas simuladas (Jeng y cols., 2004), obteniendo sólo en este caso el cálculo del intervalo aéreo-óseo. Existen, sin embargo, algunas diferencias metodológicas con relación a la ubicación del transductor óseo, que pudieran limitar la comparación de lo conseguido con nuestros resultados.

En los experimentos antes referidos, excepto en el estudio de Small y Stapells (2005) y Small y Stapells (2006), el vibrador óseo fue colocado en la región frontal con oclusión del conducto auditivo externo, a diferencia de nuestra investigación, donde fue ubicado en la mastoides. Es conocido que la oclusión del conducto auditivo externo es un factor que modifica notablemente la conducción normal del sonido por vía ósea, (Katz, 2002; Tsai, V., Ostroff, J., Korman, M. y Chen, J. M., 2005). Esto a su vez, introduce diferencias en la intensidad del sonido que estimula directamente la cóclea de distinta magnitud para cada frecuencia audiométrica, lo que se conoce como efecto de oclusión. Estas diferencias son habitualmente corregidas a partir de datos normativos en la práctica audiométrica convencional (donde se evalúa cada tono por separado). Sin embargo, extrapolar estos parámetros de corrección al caso de estimulación simultánea con múltiples tonos de amplitud modulada, puede resultar difícil. En los estudios antes mencionados donde se coloca el transductor en la frente, no se realiza esta corrección y sólo se publican directamente los valores de umbral encontrado con el PEAA a múltiple frecuencia.

Los valores absolutos obtenidos para el umbral electrofisiológico por vía ósea en nuestra investigación se encuentran en un rango entre 27 a 31 dB HL para las frecuencias de 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz. Estos valores de umbral resultaron superiores a los reportados por Small y Stapells (2005) (18-26 dB HL), que utilizan similar ubicación del transductor óseo (mastoides). Los valores relativamente mayores de vía ósea encontrados por nosotros pudieran explicarse por los niveles de ruido-ambiente que en este caso fueron superiores. Small y Stapells (2005) realizaron sus registros en una cámara audiométrica sonoamortiguada y en nuestra investigación el PEAA a múltiples frecuencias se registró en un local silente. Por otra parte en el estudio de Stapells la muestra fue menor, lo cual explica la mayor varianza de las estimaciones.

Otro aspecto a analizar en las estimaciones del umbral de la vía ósea con los PEAA a múltiples frecuencias, son las diferencias entre el umbral electrofisiológico y el conductual. Hasta el momento existen pocos informes sobre el error de estimación, Lins y cols., (1996) y Dimitrijevic y cols., (2002). A pesar de la diversidad en cuanto al procedimiento experimental, las diferencias encontradas aquí entre el UE y el UC para la vía ósea en los sujetos normooyentes fueron de 7 ± 6 , 9 ± 6 , 8 ± 8 y 9 ± 7 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) y Dimitrijevic y cols. (22 ± 8 , 14 ± 5 , 5 ± 8 y 5 ± 10). De manera que puede considerarse que estos resultados confirman y expanden (al evaluar una muestra más numerosa y en otras condiciones), los hallazgos previos acerca de la validez de la audiometría ósea con PEAA a múltiples frecuencias como instrumento objetivo para caracterizar la audición de sujetos normooyentes.

Finalmente, se deben discutir los resultados obtenidos en nuestra investigación acerca del intervalo aéreo-óseo. Hasta el momento no existen informes de investigaciones anteriores donde haya sido explorada en sujetos con audición normal. En este caso las diferencias con los resultados de la exploración conductual son pequeñas, encontrándose en un rango entre 0 y 4 dB; es decir, los valores obtenidos con los PEAA y la audiometría tonal estaban muy cercanos; lo que evidencia su utilidad para la caracterización objetiva del intervalo aéreo-óseo. De forma general se puede plantear, que los resultados obtenidos con nuestra investigación pueden ser utilizados como datos normativos en sujetos con audición normal y sugieren su posible aplicación en pacientes con pérdidas auditivas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio permiten afirmar que la audiometría mediante los PEAA a múltiples frecuencias constituye una herramienta válida para la exploración funcional de la vía ósea en sujetos normooyentes. Los valores de correlación significativos entre la estimación fisiológica (PEAA a múltiples frecuencias) y conductual del intervalo aéreo-óseo así como las pequeñas diferencias (0-4 dB) encontradas en nuestra investigación, sustentan la utilidad de esta metodología y hablan a favor de su posible empleo ulterior en la clínica.

Bibliografía

- Campbell, P. E., Harris, C. M., Hendricks, S. y Sirimanna, T. (2004). Bone conduction auditory brainstem responses in infants. *J Laryngol Otol*, 118, 117-122.
- Cone-Wesson, B. y Ramirez, G. M. (1997). Hearing sensitivity in newborns estimated from ABRs to bone-conducted sounds. *J Am Acad Audiol*, 8, 299-307.
- Cone-Wesson, B., Rickards, F., Poulis, C., Parker, J., Tan, L. y Pollard, J. (2002). The auditory steady-state response: clinical observations and applications in infants and children. *J Am Acad Audiol*, 13, 270-282.
- Dimitrijevic, A., John, M. S., Van Roon, P. y Picton, T. W. (2001). Human auditory steady-state responses to tones independently modulated in both frequency and amplitude. *Ear Hear*, 22, 100-111.
- Dimitrijevic, A., John, M. S., Van Roon, P., Purcell, D. W., Adamonis, J., Ostroff, J. y cols. (2002). Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*, 13, 205-224.
- Durko, M. (2004). Air-bone gap and hearing impairment level predictive value in preoperative assessment of cholesteatoma localization in the tympanic cavity. *Otolaryngol Pol*, 58, 73-77.
- Firszt, J. B., Gaggl, W., Runge-Samuels, C. L., Burg, L. S. y Wackym, P. A. (2004). Auditory sensitivity in children using the auditory steady-state response. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 130, 536-540.
- Herdman, A. T. y Stapells, D. K. (2003). Auditory steady-state response thresholds of adults with sensorineural hearing impairments. *Int J Audiol*, 42, 237-248.
- Jahrsdoerfer, R. A., Yeakley, J. W., Hall, J. W., Robbins, K. T. y Gray, L. C. (1985). High-resolution CT scanning and auditory brain stem response in congenital aural atresia: patient selection and surgical correlation. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 93, 292-298.
- Jeng, F. C., Brownt, C. J., Johnson, T. A. y Vander Werff, K. R. (2004). Estimating air-bone gaps using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*, 15, 67-78.
- Katz J. (2002) *Hanbook of Clinical Audiology*. Lippicott: Williams & Wilkins.
- Lins, O. G. y Picton, T. W. (1995). Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 96, 420-432.
- Lins, O. G., Picton, T. W., Boucher, B. L., Durieux-Smith, A., Champagne, S. C., Moran, L. M. y cols. (1996). Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear*, 17, 81-96.
- Martin F. y Clark J. (2006). *Introduction to Audiology*. Allyn & Bacon.
- Perez-Abalo, M. C., Savio, G., Torres, A., Martin, V., Rodriguez, E. y Galan, L. (2001). 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*, 22, 200-211.
- Picton, T. W., Dimitrijevic, A., & John, M. S. (2002). Multiple auditory steady-state responses. *Ann Otol Rhinol Laryngol (Suppl)*, 189, 16-21.
- Picton, T. W., John, M. S., Dimitrijevic, A. y Purcell, D. (2003). Human auditory steady-state responses. *Int J Audiol*, 42, 177-219.
- Picton, T. W. y John, M. S. (2004). Avoiding electromagnetic artifacts when recording auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*, 15, 541-554.
- Savio, G., Pérez-Abalo M. C., Valdes, J. L., Martín, V., Sierra, C. E. y Rodríguez, E. (1997). Potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias: una nueva alternativa para evaluar la audición en forma objetiva. *Acta de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 25, 87-97.
- Savio, G., Cardenas, J., Perez, A. M., Gonzalez, A. y Valdes, J. (2001). The low and high frequency auditory steady state responses mature at different rates. *Audiol Neurootol*, 6, 279-287.
- Savio, G., Perez-Abalo, M. C., Gaya, J., Hernandez, O. y Mijares, E. (2006). Test accuracy and prognostic validity of multiple auditory steady state responses for targeted hearing screening. *Int J Audiol*, 45, 109-120.
- Schwartz, D. M., Larson, V. D. y De Chicchis, A. R. (1985). Spectral characteristics of air and bone conduction transducers used to record the auditory brain stem response. *Ear Hear*, 6, 274-277.
- Small, S. A. & Stapells, D. R. (2004). Artfactual responses when recording auditory steady-state responses. *Ear Hear*, 25, 611-623.
- Small, S. A. y Stapells, D. R. (2005). Multiple auditory steady-state responses to bone-conduction stimuli in adults with normal hearing. *J Am Acad Audiol*, 16, 172-183.
- Small, S. A. y Stapells, D. R. (2006). Multiple auditory steady-state response thresholds to bone-conduction stimuli in young infants with normal hearing. *Ear Hear*, 27, 219-228.
- Stapells, D. R. y Ruben, R. J. (1989). Auditory brain stem responses to bone-conducted tones in infants. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 98, 941-949.
- Stueve, M. P. y O'Rourke, C. (2003). Estimation of hearing loss in children: comparison of auditory steady-state response, auditory brainstem response, and behavioral test methods. *Am J Audiol*, 12, 125-136.
- Teufert, K. B. y de la, C. A. (2004). Advances in congenital aural atresia surgery: effects on outcome. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 131, 263-270.
- Tsai, V., Ostroff, J., Korman, M. y Chen, J. M. (2005). Bone-conduction hearing and the occlusion effect in otosclerosis and normal controls. *Otol Neurotol*, 26, 1138-1142.
- Valdes, J. L., Perez-Abalo, M. C., Martin, V., Savio, G., Sierra, C., Rodriguez, E. y cols. (1997). Comparison of statistical indicators for the automatic detection of 80 Hz auditory steady state responses. *Ear Hear*, 18, 420-429.

Recibido: 13/12/06
 Modificado: 02/01/07
 Aceptado: 22/03/07