



## Artículo original

# Potenciales evocados auditivos de estado estable en recién nacidos: diferencias en la conducción óseo-aérea a las frecuencias de 500 y 2000 Hz

**María del Carmen Hernández Cordero<sup>1</sup>; Ileana Alonso Rodríguez<sup>2</sup>,  
Alexander García Mustelier<sup>1</sup>**

*1 Departamento de Fonoaudiología. Centro de Neurociencias de Cuba. La Habana. Cuba*

*2 Hospital Materno Infantil Ramón González Coro*

### Resumen

**Introducción:** Los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable (PEAee) constituyen un método válido para la evaluación objetiva de la audición. La detección de las respuestas en recién nacidos en función de la estimulación por vía aérea y ósea es un tema poco publicado en la literatura, constituyendo un tópico interesante para la propuesta de esta técnica como herramienta para el cribado auditivo. **Objetivo:** Determinar las diferencias de los umbrales auditivos con los PEAee en los recién nacidos a las frecuencias de 500 y 2000 Hz, presentando los estímulos por vía aérea y ósea. **Material y Método:** Se evaluó un grupo de 15 recién nacidos con los PEAee hasta obtener el umbral electrofisiológico a las frecuencias de 500 y 2000 Hz estimulando la vía aérea y ósea de forma independiente. **Resultados:** Se obtiene una diferencia significativa en los umbrales de la respuesta auditiva en función de la vía de estimulación y la frecuencia. En la conducción ósea se obtuvieron respuestas a menor intensidad ( $24\pm 7$ ) en 500 Hz, comparado con los resultados obtenidos para la vía aérea ( $46\pm 6$ ) a la misma frecuencia. Para los 2000 Hz hubo un efecto opuesto con una mayor detección para la vía aérea obteniéndose un valor medio de umbral ( $30\pm 8$ ) inferior al resultado de la vía ósea ( $41\pm 6$ ). **Conclusiones:** Los resultados obtenidos permiten concluir que la mejor frecuencia para la exploración de la vía aérea en los recién nacidos es 2000 Hz y para la vía ósea 500 Hz.

**Palabras clave:** Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable. Vía Aérea. Vía Ósea.

### Introducción

Un tema importante que es recurrente en la literatura, es la búsqueda de métodos objetivos que permitan la estimación de la sensibilidad auditiva en edades tempranas del desarrollo. Los Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral con estímulo a clic, constituyen una técnica ampliamente difundida en la práctica clínica audiológica ya que permite determinar el umbral de audibilidad utilizándose no sólo como herramienta diagnóstica sino también como método de cribado. Sin embargo; su uso es recomendado para la exploración de la vía aérea, siendo reducida su utilidad para la evaluación de la vía ósea.

Esto responde a las modificaciones que se producen en

los estímulos breves al pasar por el transductor óseo, lo cual hace difícil la detección de la respuesta a intensidades cercanas al umbral de audibilidad. Este tipo de potenciales, tiene como desventaja además que la identificación de las respuestas se realiza por un personal experto y no permite obtener información de los umbrales con especificidad de frecuencia. Una variante para mejorar la caracterización del perfil audiométrico es el uso de tonos breves, pero el procedimiento para su aplicación requiere de varias sesiones de trabajo para obtener los registros, lo que limita su utilidad en la pediatría.

Un factor importante a considerar en la propuesta de métodos objetivos, está relacionado directamente con la maduración de la vía auditiva y las características

anatómicas del oído en el recién nacido, que influyen en los resultados que se obtienen al presentar estímulos ya sea por vía ósea ó aérea.

Durante los últimos años se ha comenzado a utilizar una nueva técnica conocida como Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable, la cual tiene como ventaja la estimación de los umbrales de audición con especificidad de frecuencia. En las investigaciones que se han publicado del tema, existe un predominio de los trabajos sobre su uso para la exploración de la vía aérea tanto en sujetos normo-oyentes (Lins y col, 1995; Lins y col, 1996; Herdman y col, 2001; Picton y col, 2002; Picton y col, 2003) como en pacientes con distintos tipos de pérdidas auditivas (Savio y col, 1997; Pérez Abalo y col, 2001; Dimitrijevic y col, 2002; Cone-Wesson y col, 2002; Herdman y col, 2001; Stueve y col, 2003; Firszt y col, 2004), siendo limitados los resultados publicados que exploran su potencialidad para la evaluación de la vía ósea.

Hasta el momento, se han publicado varios resultados sobre la caracterización de los PEAAe en los recién nacidos. En relación a las respuestas por vía aérea existe un efecto de la frecuencia en función de la edad; con una mejor estimación de los umbrales para las frecuencias agudas (Savio y col.2001; Cone Wesson y col., 2002; Picton y col., 2003). En el caso de la vía ósea, existe una investigación donde se refleja el efecto contrario al presentar el estímulo por vía ósea en recién nacidos, obteniéndose una mejor detección para las frecuencias graves (Small, S. A. & Stapells, D. R, 2006).

En este trabajo, nos propusimos evaluar las características de la conducción aérea y ósea en un grupo de recién nacidos utilizando la técnica de los PEAAe con la presentación de 2 tonos a 500 y 2000 Hz. De esta manera, comparamos las respuestas obtenidas por estimulación de ambas vías y determinamos su factibilidad para estimar los umbrales auditivos al nacimiento.

## Material y Método

### Sujetos

Se evaluaron un total de 15 recién nacidos (30 oídos) sin factores de riesgo para pérdidas auditivas. El estudio se realizó en el laboratorio de Neurofisiología Clínica del hospital Ramón Gonzalez Coro. Los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable se obtuvieron estimulando la vía aérea y ósea a las frecuencias de 500 y 2000 Hz, en una serie de intensidad descendente hasta obtener el umbral electrofisiológico. A todos los niños se les evaluó previamente con las emisiones otoacústicas transientes con un equipo automático con el protocolo de cribado auditivo (Echolab), incluyéndose en el estudio aquellos con respuestas presentes.

### Potenciales evocados auditivos de estado estable

#### Estímulo

El estímulo acústico consistió en una combinación de 2 tonos portadores continuos de 0.5, y 2 KHz. modulados en amplitud (95% de profundidad) a las frecuencias de 111 y 115 Hz, respectivamente, el cual fue presentado monoauralmente a través del audífono de inserción (Etymotic Research 3A) para el estudio de la vía aérea y el transductor B71 ubicado en la mastoides, para la exploración de la vía ósea. En todos los casos se realizó una serie de intensidad hasta determinar el umbral electrofisiológico.

#### Calibración

Los estímulos acústicos fueron calibrados con un sonómetro Brüel & 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.

#### Registro

Los potenciales evocados auditivos de estado estable se registraron con el equipo AUDIX (modelo # NDOO1A USB, Neuronic SA) y el programa BabyScreen. 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 mastoides ipsilateral al oído estimulado y el electrodo de tierra en la mastoides contralateral. Los valores de impedancia se fijaron por debajo de 5 kΩ.

#### Emisiones Otoacústicas

El estudio se realizó utilizando el equipo Echolab aplicando el protocolo de emisiones otoacústicas transientes, con la versión de cribado.

#### Métodos estadísticos

Para el análisis de los resultados se utilizaron estadígrafos descriptivos aplicados a los umbrales electrofisiológicos obtenidos por estimulación de la vía aérea y ósea. Posteriormente se efectuó un Análisis de Varianza (ANOVA) con medidas repetidas. Estos procedimientos se realizaron en el programa Statistica versión 8.0.

## Resultados

La figura 1 ilustra el gráfico de un registro de Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable, a las frecuencias de 500 y 2000 Hz en un recién nacido, mostrando una serie de intensidad descendente. En el primer caso (A) se observa el ejemplo para la vía aérea, notándose un valor de umbral menor para 2000 Hz. El segundo ejemplo (B) muestra el resultado para la vía ósea, obteniéndose el efecto contrario con una mejor estimación para la frecuencia de 500 Hz.

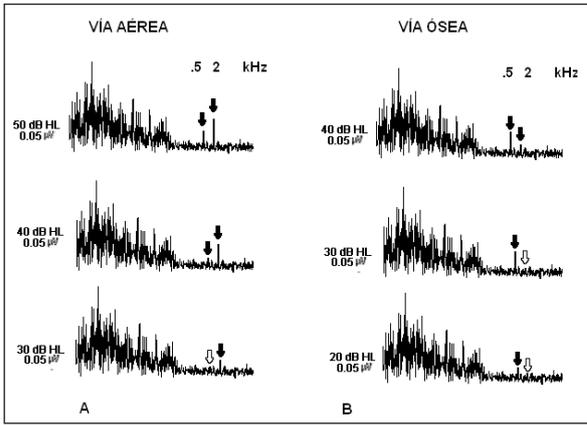


Figura 1. Registro típico de los Potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiple frecuencia al estimular la vía ósea a 500 y 2000 Hz. A la izquierda se ilustra la serie de intensidad para la vía aérea. Nótese la diferencia entre los umbrales electrofisiológicos entre ambas vías con un menor valor para 500 Hz en la vía ósea y 2000 Hz para la vía aérea. Las flechas en negro indican respuesta significativa y en blanco no respuesta.

Los valores de umbrales obtenidos en las frecuencias exploradas para la vía ósea fueron  $24 \pm 7$  en los 500 Hz y  $41 \pm 6$  para 2000 Hz. Para la vía aérea el resultado es inverso, donde se obtuvieron valores menores para los 2000 Hz ( $30 \pm 8$ ) en comparación con 500 Hz ( $46 \pm 6$ ) (Tabla 1).

| Edad           | 500 VA     | 2000 VA    | 500 VO     | 2000 VO    |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
| Recién Nacidos | $46 \pm 6$ | $30 \pm 8$ | $24 \pm 7$ | $41 \pm 6$ |

La Figura 2.1 muestra el gráfico de detección de la respuesta para la vía ósea. Para 500 Hz se obtuvo un valor de 100% hasta la intensidad de 30 dBHL. Nótese la diferencia en comparación con los 2000 Hz, donde se alcanzó un mayor por ciento de las respuestas significativas sólo a intensidades elevadas.

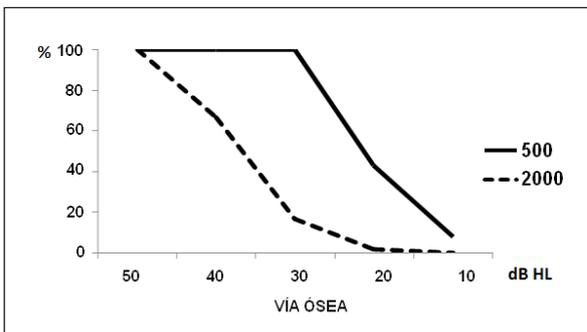


Figura 2.1: Detección de la respuesta para 500 y 2000 Hz en la conducción ósea. Nótese la diferencia entre las 2 frecuencias obteniéndose una mejor estimación del umbral para 500 Hz.

La Figura 2.2 representa el comportamiento de los umbrales para la vía aérea. En este caso, se logró el 100 % de las respuestas sólo a la máxima intensidad explorada para ambas frecuencias, disminuyendo posteriormente

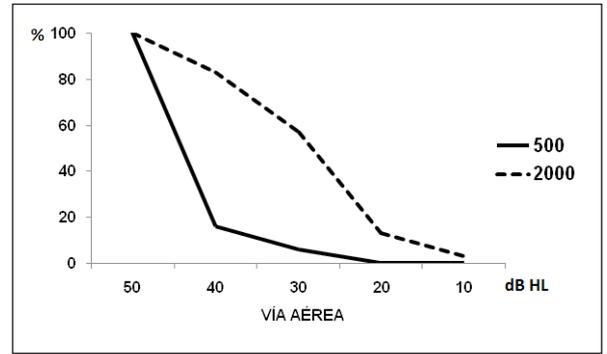


Figura 2.1: Detección de la respuesta para 500 y 2000 Hz en la conducción ósea. Nótese la diferencia entre las 2 frecuencias obteniéndose una mejor estimación del umbral para 500 Hz.

su obtención con un mayor porcentaje de detección para 2000 Hz y valores inferiores en el caso de 500 Hz. Realizando un análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyen ambas variables hubo un efecto significativo de la vía de estimulación ( $F(1, 58) = 12,9, p < 0,05$ ), con una interacción entre los efectos de la vía y la frecuencia (Figura 3), lo que confirma que existen diferencias en la estimación de la respuesta en ambas frecuencias en función del medio a través del cual se transmite el estímulo, favoreciéndose la conducción de las frecuencias graves por la vía ósea y las agudas por la vía aérea.

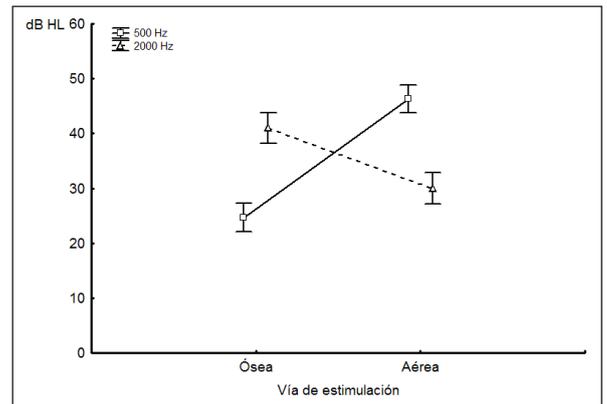


Figura 3: Representación gráfica del análisis de varianza donde se demuestran las diferencias en la estimación del umbral para 500 y 2000 Hz con un valor significativo de la interacción entre la vía y la frecuencia.

## Discusión

### Características de los umbrales de la vía ósea

La presente investigación, demuestra que existen diferencias significativas en la estimación de los umbrales auditivos obtenidos con la técnica de los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable al presentar el estímulo por vía ósea ó aérea en los recién nacidos. Este resultado se expresa en un efecto opuesto en función de la vía y la frecuencia, con una mejor conducción de los

500 Hz por vía ósea y los 2000 Hz para la vía aérea. En el grupo de recién nacidos evaluados el umbral es 6 dB HL mejor para los 500 Hz por vía ósea en comparación con sujetos normoyentes de edad escolar (Hernández y col., 2007); con una peor estimación para los 2000 Hz que se refleja en 13 dB HL de discrepancia. Estos resultados concuerdan con lo publicado por Small & Stapells (2006), los cuales compararon los valores de los umbrales de recién nacidos pre-términos y adultos refiriendo un valor de 7 dB menor para las frecuencias graves y 18 dB mayor para las agudas y en el caso de los post-términos el resultado fue similar con 7 dB para los graves y 15 dB para las agudas. Posteriormente, en el 2006 Small & Stapells realizan otra investigación para explorar la vía ósea en recién nacidos, describiendo una mejor estimación en las bajas frecuencias comparado con los valores obtenidos para 2000 Hz.

Existen varias teorías que pueden explicar estos resultados, en primer lugar están los cambios en las características anatómicas del hueso temporal, relacionadas con el grosor y el área de superficie. Eby y Nadol (1986) estudiaron las dimensiones del hueso mastoideo en los niños y encontraron que las características de ancho, longitud y profundidad crecen rápidamente en los 2 primeros años de la vida. Además, las suturas que unen el hueso temporal con el resto del cráneo se desarrollan durante el primer año de vida, a diferencia del adulto donde existe una estructura rígida del cráneo, lo cual tiene implicaciones importantes desde el punto de vista fisiológico ya que la energía que se transmite al oído interno no se disipa al resto de las estructuras óseas.

En este trabajo los resultados coinciden también con lo publicado por Stapells & Ruben (1989), Fox & Stapells (1993) y Vander Werf y col., (2009) donde se demuestra que los umbrales de los Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral con la presentación de tonos breves tienen valores inferiores en 500 Hz si se comparan con los 2000 Hz. Por otra parte, Fox & Stapells (1993) no encontraron diferencias significativas entre los umbrales de PEATC para los 500 Hz al comparar niños (edad media de 4 meses) y adultos; lo cual se contradice con los hallazgos de esta investigación y lo publicado por Small & Stapells (2006).

Diferencias entre los resultados vía aérea y ósea:

Otro aspecto importante a discutir en los resultados expuestos, es el contraste con los valores de umbrales obtenidos para la vía aérea. En este caso, el efecto es inverso a los resultados descritos para la vía ósea; siendo la detección mayor para 2000 Hz; lo cual se corresponde con las investigaciones previas sobre la maduración de los potenciales evocados auditivos de estado estable, donde se reporta una mejor estimación para las altas frecuencias, en comparación con los resultados descritos para los 500 Hz (Rickards et al., 1994; Lins et al., 1996; Savio et al., 2001; Cone-Wesson et al., 2002), mostrando de forma general un cambio favorable para todas frecuencias (umbrales menores y mayores amplitudes) con la maduración auditiva.

Los hallazgos opuestos referidos anteriormente pudieran explicarse por los cambios neurales de la vía auditi-

va que ocurren con la maduración; pero principalmente por la características anatómicas del hueso temporal propias del recién nacido. Existen otros factores, entre los que se encuentran la respuesta en frecuencia del vibrador óseo y la mayor activación de la cóclea por el tono de 500 Hz conducido a través de la vía ósea, que pudiera contribuir a obtener una mejor respuesta para las bajas frecuencias. Otros aspectos importantes a señalar, que pueden facilitar la obtención de valores de umbrales mayores para 500 Hz por vía aérea está relacionado con las características del oído medio en el recién nacido, que se encuentra ocupado en los primeros días por fluido, el cual se reabsorbe en las primeras semanas.

Como conclusión, podemos resumir que los resultados mencionados en este trabajo confirman que la exploración de la audición en el recién nacido con la técnica de los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable, varían en función de la vía a través de la cual se presenta el estímulo; siendo favorecida la conducción de frecuencias graves por vía ósea y agudas por la vía aérea.

## Conclusiones

La frecuencia mejor estimada por vía ósea es 500 Hz y para la vía aérea los 2000 Hz.

Los resultados obtenidos amplían la información reportada hasta el momento demostrándose que existen diferencias importantes en la conducción aéreo-ósea en este grupo de edad.

Los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable constituyen una técnica válida para la evaluación de la audición en los recién nacidos.

Es posible utilizar estos resultados para proponer un método de cribado auditivo desde el nacimiento.

## Bibliografía

1. 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.Am.Acad.Audiol.* 2002; (13): 270-282.
2. Dimitrijevic, A., John, M. S., Van Roon, P., Purcell, D. W., Adamonis, J., Ostroff, J. et al. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. *J.Am.Acad.Audiol.* 2002; (13): 205-224.
3. Firszt, J. B., Gaggl, W., Runge-Samuelson, C. L., Burg, L. S., & Wackym, P. A. Auditory sensitivity in children using the auditory steady-state response. *Arch.Otolaryngol.Head Neck Surg.* 2004; (130): 536-540.
4. Herdman, A. T. & Stapells, D. K. Auditory steady-state response thresholds of adults with sensorineural hearing impairments. *Int.J.Audiol.* 2003. 42, 237-248.
5. Hernández Cordero, M. C.; Pérez Abalo, M. C.; Rodríguez Dávila, E.; Rioja Rodríguez L. 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.
6. Lins, O. G. & Picton, T. W. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroencephalogr.Clin.Neurophysiol.*1995; (96) : 420-432.

7. **Lins, O. G., Picton, T. W., Boucher, B. L., Durieux-Smith, A., Champagne, S. C., Moran, L. M. et al.** Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear*; 1996; (17): 81-96.
8. **Perez-Abalo, M. C., Savio, G., Torres, A., Martín, V., Rodríguez, 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.
9. **Picton, T. W., Dimitrijevic, A., & John, M. S.** Multiple auditory steady-state responses. *Ann.Otol.Rhinol.Laryngol.Suppl*, 2002; 189, 16-21.
10. **Picton, T. W., John, M. S., Dimitrijevic, A., & Purcell, D.** Human auditory steady-state responses. *Int.J.Audiol*; 2003; (42): 177-219.
11. **Savio, G., Pérez-Abalo MC, Valdes, J.L., Martín, V., Sierra, C.E., Rodríguez, E.** 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*; 1997; (25): 87-97.
12. **Savio, G., Cardenas, J., Perez, A. M., Gonzalez, A., & Valdes, J.** The low and high frequency auditory steady state responses mature at different rates. *Audiol.Neurotol*. 2001; (6): 279-287.
13. **Small, S. A. & Stapells, D. R.** Multiple auditory steady-state response thresholds to bone-conduction stimuli in young infants with normal hearing. *Ear Hear*, 2006; (27): 219-228.
14. **Stapells, D. R. & Ruben, R. J.** Auditory brain stem responses to bone-conducted tones in infants. *Ann.Otol.Rhinol.Laryngol*, 1989; (8): 941-949.
15. **Stueve, M. P. & O'Rourke, C.** Estimation of hearing loss in children: comparison of auditory steady-state response, auditory brainstem response, and behavioral test methods. *Am.J.Audiol*. 2003; (12) : 125-136.