

**POTENCIALES AUDITIVOS DE ESTADO ESTABLE REVISIÓN DE SU  
PROCEDENCIA Y REGISTRO.  
SU RELACION CON LOS MICROFONICOS COCLEARES**

**Julio Sanjuán Juaristi**

**Mar Sanjuán Martínez–Conde**

**Universidad Complutense de Madrid**

**Unidad de Neurofisiología de la Audición**

**Palabras clave:**

Potenciales evocados de estado estable.

Potenciales auditivos evocados.

Diagnóstico precoz de la audición.

Microfónicos cocleares.

**Abreviaturas:**

PMC: Potenciales Microfónicos Cocleares. PE: Potenciales espiga.

PEAee: Potenciales auditivos de estado estable. CCE: Células ciliadas  
externas.

## **Resumen**

### **Introducción y objetivo**

Con esta aportación queremos exponer su naturaleza y origen, con el propósito de contribuir a su correcta aplicación, valoración e interpretación.

La denominación “potenciales auditivos de estado estable” induce a considerar la existencia de un nuevo tipo de potenciales. Sin embargo, se denominan así, solo porque se mantienen “estables” durante todo el tiempo que dura el estímulo, al igual que el estímulo que los genera.

### **Material y método**

Exponemos el material empleado y un esquemático resumen de la conversión del estímulo modulado en microfónicos cocleares y la de estos en potenciales espiga.

La respuesta bioeléctrica, sobre los electrodos aplicados varía en función al número de los potenciales espiga en tránsito.

Realizamos una sencilla revisión de la instrumentación destinada a la obtención de los potenciales de estado estable y un seguimiento del estímulo empleado, mediante nuestro equipo para estudio de los microfónicos cocleares.

Se efectuaron pruebas con modelos físicos que corroboran nuestro criterio.

### **Resultados.**

El estímulo sonoro de tonos puros modulados produce mediante la transducción mecano eléctrica de las células ciliadas externas, una copia morfológica microfónico coclear. La cual está igualmente modulada. Los microfónicos así evocados activan los potenciales espiga, y estos varían proporcionalmente su frecuencia, siguiendo la modulación de la amplitud microfónica.

### **Conclusiones.**

El potencial de estado estable, tronco encefálico, se obtiene a partir del número de potenciales espiga que transitan por el VIII par. Flujo que depende de la amplitud modulada de los microfónicos cocleares (PMC).

## INTRODUCCIÓN

Desde el hallazgo por Weber y Bray de los PMC y su posterior abandono por causas técnicas, la actividad de los receptores auditivos prácticamente dejó de interesar.

Técnicos y clínicos centraron los estudios en potenciales auditivos de mayor entidad cuantitativa sin tener en cuenta las especiales características bioeléctricas de los PMC, que permiten, su obtención con absoluta limpieza, libres de todo tipo de artefactos, pese a su magnitud, del orden de los nanovoltios.

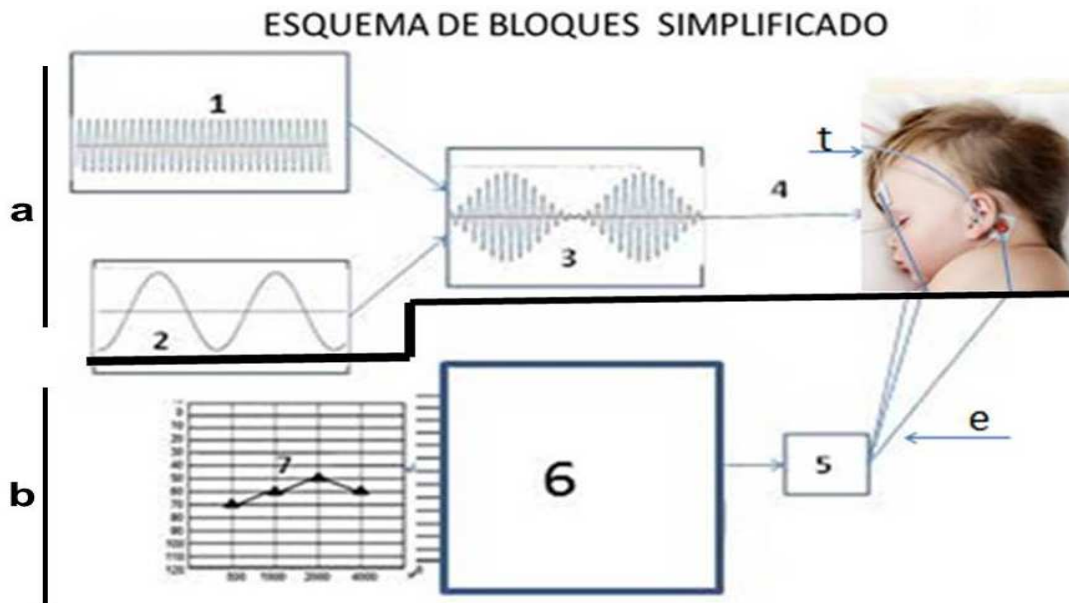
Los potenciales de estado estable son derivados bioelectricos elementales, ya que se trata de la simple sumación y promediado de los potenciales espiga en el tramo tronco encefálico, presentes en un tiempo y espacio dado y posterior tratamiento informático, para su presentación.

La mayoría de los estudios revisados se centran en la consideración de su utilidad o hacen un análisis comparativo con otros métodos, como la audiometría tonal subjetiva, potenciales de tronco, otoemisiones etc. (1,2,3,4,5,6,7,8,9....) No encontramos ningún trabajo que nos dé información sobre su origen, el proceso de su obtención y su procedencia tonotopica y electrobiológica. A lo sumo se repite una definición especialmente genérica: “Los PPEee son la respuesta cerebral obtenida por estimulo acústico repetitivo de tonos puros modulados en amplitud”. Su origen con idéntica latencia, corrobora que es el de los potenciales evocados tronco encefálico (PEATC). La única diferencia: el tipo de estímulo, y su manipulación informática.

Algunos llevan su obtención a procedimientos con los cuales complican el sistema y añaden artefactos a los resultados. Por ejemplo, exploraciones multifrecuencia, o modulación de frecuencia en lugar o además de la de amplitud. (10, 11, 12,13, 14, 15,16.)

## MATERIAL Y MÉTODO

En un esquema básico (fig.1) se expone la estructura material para la obtención de los PEAee.



**Fig.1**

El equipo (Fig.1) consta de dos partes: a) Generador de estímulos. b) Amplificador y procesador de datos.

El generador de estímulos, dispone de dos osciladores de audio frecuencia. Uno (1) aporta las frecuencias audiométricas. Básicamente 500, 1.000, 2.000 y 4.000. El otro (2) produce oscilaciones sinusoidales de más baja frecuencia para modular en amplitud los tonos audiométricos. (3)

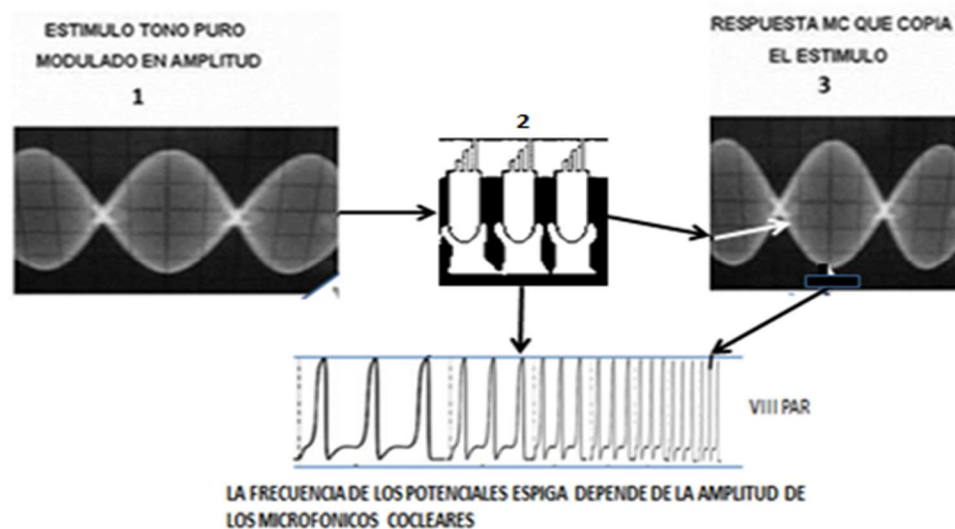
La frecuencia de modulación se selecciona con propósitos diagnósticos topográficos de compleja comprensión. Al respecto se aplican dos grupos: 20 a 70 Hz y 70 a 110 Hz. Ambas se mezclan en un amplificador dando lugar a un tono puro audiometrico modulado al 100% (3). El estímulo así formado se ajusta en amplitud acústica calibrada en dB, sobre una oliva colocada en el CAE. (4)

Los datos del potencial de estado estable se obtienen mediante tres electrodos colocados sobre ambas mastoides y frente, que llevan la respuesta auditiva a un amplificador diferencial. (5)

La señal amplificada se procesa informáticamente, (6) para obtener las presentaciones deseadas. (7)

### **Progresión del estímulo modulado en la cóclea:**

Como parte del método utilizado, en la Fig.2 se esquematiza la progresión del estímulo sonoro modulado dentro del oído interno. Su efecto sobre las células ciliadas externas y su conversión en potenciales espiga.



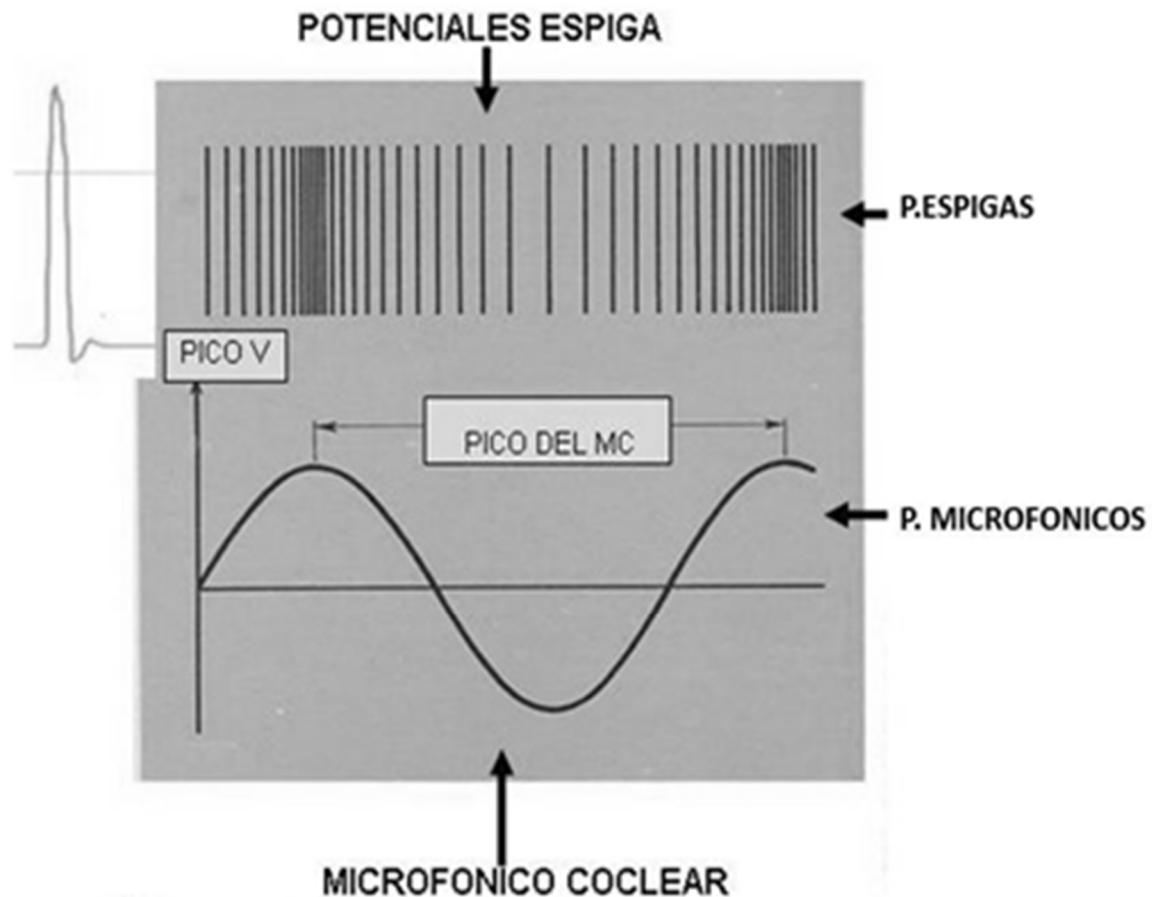
**Fig.2**

1.- Tono puro modulado obtenido mediante un osciloscopio.

2.- Células ciliadas externas (CCE) que traducen el estímulo sonoro en microfónico coclear manteniendo la forma y amplitud del estímulo.

3.- Imagen obtenida mediante el equipo para estudio de los PMC.

Las terminaciones dendríticas del nervio auditivo que contactan con el cuerpo de las CCE se activan con el potencial microfónico dando lugar a potenciales espiga (PE). Se produce un cambio analógico-digital, amplitud-frecuencia. (Fig.3)



**Fig.3**

Representación analógica de los PMC y esquemática expresión digital correspondiente a los potenciales espiga.

La amplitud microfónica da lugar proporcionalmente a mayor o menor número de potenciales espiga.

### **MÉTODO EXPERIMENTAL**

Para corroborar que la conversión del voltaje derivado sobre los electrodos, se produce por el número de PE, efectuamos el ensayo sobre un modelo físico

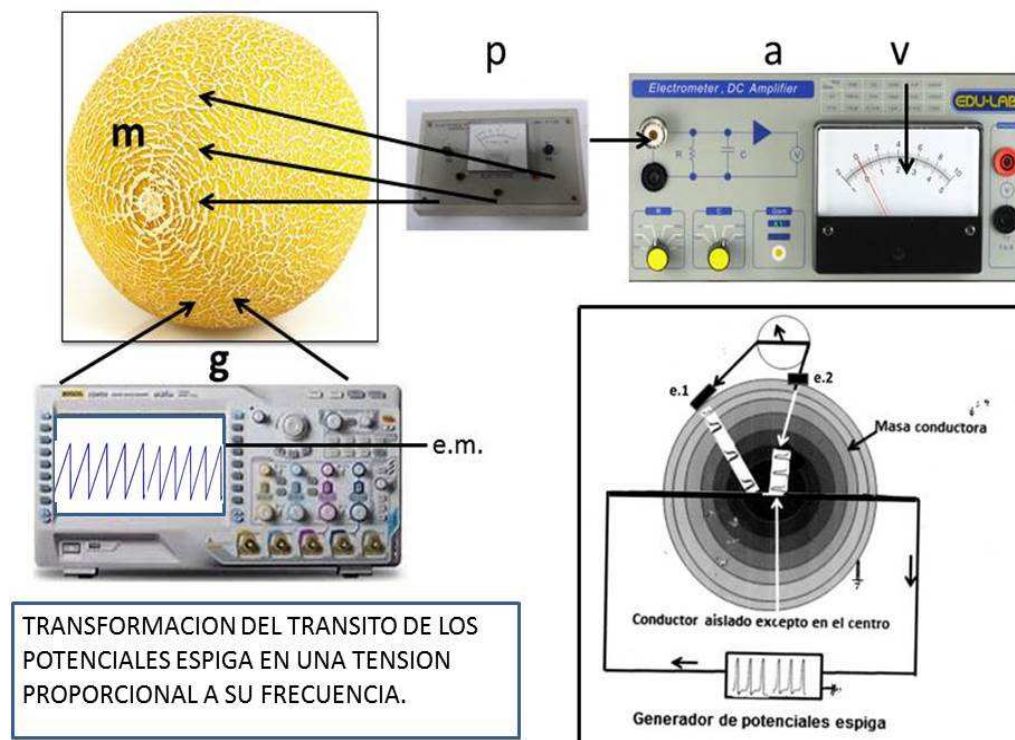


Fig.4a Y Fig. 4b

Para el ensayo Fig.4a es válida una masa conductora de volumen suficiente. Sobre la misma implantamos dos electrodos, procedentes de un generador de funciones, (g) capaz de suministrarnos picos de idéntica tensión a modo de potenciales espiga, con la posibilidad de alterar solo su frecuencia.

En otros puntos situamos los tres electrodos de recogida que conectamos a un amplificador diferencial (p).

La salida del previo diferencial se acopla a un voltímetro (a) adecuado para la medida de la tensión derivada (v). Mediante el generador de funciones, damos una señal suficiente que se presenta en el voltímetro.

Este voltaje dependerá de muchos factores: colocación de los electrodos, nivel del estímulo dado, impedancia del medio empleado, amplificación del previo y del voltímetro etc.

Todas estas posibles variables no afectan a la demostración. Lo fundamental es efectuar un ajuste global para obtener en el voltímetro una lectura

suficiente. Sin alterar las condiciones del ensayo, solo variaremos con el generador defunciones, la frecuencia de la señal manteniendo su amplitud. En el voltímetro se observan variaciones que dependen de la frecuencia de los picos de tensión. Los potenciales de estado estable se generan de igual modo.

Lo que cambia, en función a la intensidad del estímulo, es la frecuencia de los potenciales espiga, y al cambiar su frecuencia varía el potencial derivado.

En la figura (4b) se esquematiza el proceso. El foco de perturbación en el centro de una masa conductora se propaga en ella de forma esférica (si es homogénea) y llega a los electrodos. Todos los potenciales biológicos que transitan por el sistema nervioso, producen una dispersión en el entorno y al estudiar sus características, tenemos que contar con que el resultado siempre está más o menos contaminado por otros potenciales presentes en el mismo tiempo y punto.

Los potenciales de estado estable se contaminan con las perturbaciones procedentes del paciente y además con estímulos sonoros del exterior, todos los cuales generan potenciales espiga en otras zonas cocleares, que se suman a los espiga consecuentes al estímulo tonal modulado, (17) Cuestión que no se produce en su origen microfónico coclear.

## **RESULTADOS**

Revisado el equipo destinado a los PEAee, nos encontramos con que el sistema empleado sirve para recoger la respuesta generada por los potenciales espiga. Estos potenciales transitan en un determinado espacio y tiempo por el VIII par. (Insistimos, a nivel tronco encefálico con la misma latencia que los PEATC).

La particularidad del sistema consiste en que, al proceder de la actividad microfónica, específica en frecuencia, los potenciales espiga generados también contienen el dato de frecuencia del estímulo (expresado en número de espigas).



## **DISCUSIÓN**

Con esta aportación no se pretende, considerar negativos o inútiles los resultados obtenidos mediante la tecnología PEAee. Lo escrito sobre los resultados y la comparación con otras técnicas vigentes, es válido y su aplicación a la clínica presenta ventajas especialmente al suministrar datos de frecuencia a diferencia de los potenciales de tronco. En este sentido, por razones técnicas de modulación, el sistema no estudia frecuencias inferiores a 500 Hz. Tampoco se pueden determinar factores como el recruitment, latencia de los receptores sensoriales CCE, fatiga auditiva, y otros parámetros que se alcanzan mediante el estudio simple y directo de los potenciales microfónicos cocleares. (PMC).

## **CONCLUSIONES**

Los potenciales espiga son siempre de igual amplitud. El voltaje en tránsito por el IIX par se mantiene constante con independencia del nivel de estímulo. El voltaje derivado a los electrodos varía en función al número de espigas, que condicionan la mayor o menor intensidad de la corriente. El factor resistencia que aportan los tegumentos y el tramo neuronal en estudio, condicionan que el voltaje registrado en los electrodos varíe. El voltaje es igual a la relación intensidad / resistencia, en nuestro caso impedancia. Tenemos dos variables: intensidad (número de espigas) e impedancia, dos factores que aportan el valor correspondiente a los potenciales de estado estable, a los de tronco y a los de cualquier otro tramo o tipo de estímulo auditivo. Los trazados que se obtienen no corresponden a la forma del potencial en origen, son la consecuencia del tratamiento instrumental que se utiliza.

La repetida característica sobre los PEAee como “respuestas periódicas cuasi sinusoidales, cuya amplitud y fase se mantiene constante en el tiempo denota la contaminación de su forma ya que proceden de unos PMC no “cuasi” si no absolutamente sinusoidales. Sus características de estabilidad y fase corresponden también a su origen.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Faustino Núñez-Batalla, Sabel Noriega-Iglesias, Maite Gutin-Garcia, Pilar Carro-Fernández, Jose Luis Llorente-pendas. Fiabilidad de los potenciales auditivos de estado estable en la fase de diagnostica del cribado neonatal universal de la hipoacusia. Acta Otorrinolaringológica Española, 2.016;67 (4):193-200.
- 2.- Asunción Martínez Fernández, Miguel Ángel Arañón Fernández, Luis Félix Ayala Martínez, Ana Belén Álvarez, María Teresa Miranda León, Manuel Sainz Quevedo. Estudio comparativo entre potenciales evocados auditivos de estado estable, potenciales evocados auditivos de tronco cerebral y audiometría tonal liminar. Acta Otorrinolaringológica Española Vol. 58. Núm. 7. agosto 2007
- 3.- Pamela Fernández E1, Lissette Marincovich S1, Virginia Olivares R1, Romina Paredes S1, Cristián Godoy B2. Aplicación de potenciales evocados de estado estable como examen auditivo en una población de jóvenes con diferentes niveles de audición Servicio de Otorrinolaringología del Hospital Valparaíso. Otorrinolaryngol. Cir. Cabeza y Cuello v.69 n.3 Santiago dic. 2009
4. Martínez A, Alañón MA, Ayala L, Álvarez AB, Miranda MT, Sainz M. Comparativa sud veteen auditor steady-state responses, auditor brain-stem responses, and llmlnar tonal audlometry. Acta Otorrinolaryngol Esp. 2007; 58: 290-5.
5. Canale A, Lacilla M, Cavalot AL, Albera R. Auditory steady-state responses and clinical applications. Eur Arch Otorhinolaryngol 2006; 263: 499-503.
6. Tomlin D, Rance G, Graydon K, Tsialios I. A comparison of 40 Hz auditory steady-state response (ASSR) and cortical auditory evoked potential (CAEP) thresholds In awake adult subjects. Int J Audiol 2006; 45: 580-8.
7. Cabello P, Caro J. Audiometría de Estado Estable. Steady state audlometry. Rev Otorrinolaryngol Cir Cab Cuello 2007; 67:162-6.
8. Luts H, Wouters J. Hearing assessment by recording multiple auditory steady-state responses: the Influence of test duration. Int J Audiol 2004; 43: 471-8.

9. Ahn JH, Lee HS, Kim YJ, Yoon TH, Chung JW. Comparing pure-tone audiology and auditory steady state response for the measurement of hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;136:966-71.

10.- Martínez-Beneito P, Morant A, Pitarch M, García FJ, Marco J. Potenciales evocados auditivos de estado estable a multifrecuencia como técnica de determinación de umbrales auditivos. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2002; 53: 707-17. 5. JOHN MS, PURCELL DW, DIMITRIJEVIC A, PICTON TW.

11.- Pérez-Ábalo MC, Torres A, Sabio G, Suárez EE. Los potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias y su valor en la evaluación objetiva de la audición. *Auditio: Revista Electrónica de Audiología* 2003;2:42-50.

12. Herdman AT, Steapells DR. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. *Scand Audiol* 2001; 30: 41-9. 21.

13.- Pérez-Ábalo MC, Savio G, Torres A, Martín V, Rodríguez E. 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: 200-11. 27.

14.- Dimitrijevic A, John S, Van Roor P, Purcell DW, Adamonis J. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol* 2002; 13: 205-24.

15.- Attias J, Buller N, Ruvel Y, Raveh E. Multiple auditory steady-state responses in children and adults with normal hearing, sensor neural hearing loss, or auditory neuropathy. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2006; 115: 268-76.

16.- Martínez Beneito P, A Morant, M Pitarch, FJ García, Marco J. Potenciales evocados auditivos de estado estable de un multifrecuencia Como técnica de determinación de umbrales auditivos. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2002; 53: 707.

17.- Kei J, Smith D, Joseph S, Stopa J, Kang S, Darnell R. Effects of ambient acoustic noise on the auditory steady-state response thresholds in normally hearing adults. *Audiol Neurotol* 2008;13:13-8.