

# LA CARACTERIZACIÓN DE LA SENSIBILIDAD AUDITIVA MEDIANTE PRUEBAS ELECTROFISIOLÓGICAS EN NIÑOS DE 0 A 3 AÑOS

Franz Zenker Castro  
Clínica Barajas  
Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias

## INTRODUCCIÓN

La instauración de los programas de cribado auditivo universal han facilitado la detección temprana del defecto auditivo desde el primer momento del nacimiento. La precocidad en la detección lleva implícita la habilitación de sistemas de corrección auditiva lo antes posible. Las principales técnicas de evaluación para la caracterización de la sensibilidad auditiva en niños de corta edad y recién nacidos son las pruebas electrofisiológicas y las de observación y condicionamiento de la conducta. El establecimiento del umbral auditivo en niños de 0 a 6 meses de edad se lleva a cabo mediante audiometrías por observación de la conducta. Una vez que puede obtenerse del niño una reacción condicionada, se aplica la audiometría por refuerzo visual [Visual Reinforcement Audiometry (VRA)]. Este tipo de procedimientos conductuales no están exentos de complicaciones entre las que destacan la necesaria capacidad del niño para discriminar estímulos acústicos, la rápida habituación a los estímulos, la imprescindible colaboración y el sesgo del examinador al identificar e interpretar las respuestas.

Los registros electrofisiológicos complementan algunas de las limitaciones de las técnicas conductuales ya que la audición es inferida a partir de respuestas cerebrales. Los potenciales evocados auditivos del tonco cerebral (PEATC) es la prueba electrofisiológica más frecuente para establecer la sensibilidad auditiva en niños. Esta técnica, a pesar de provocar respuestas de gran robustez, no está exenta, al igual que las pruebas conductuales, de limitaciones metodológicas. En este sentido, los PEATC, no pueden ser utilizados para el estudio de la sensibilidad auditiva de forma específica en frecuencia

por lo que su capacidad para caracterizar las pérdidas auditivas es limitada.

Los potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAee) es una técnica de reciente aplicación en la clínica audiológica que permite establecer el umbral auditivo fisiológico de forma rápida, objetiva y específica en frecuencia. Los PEAee son provocados por tonos continuos modulados en amplitud y/o frecuencia. Estos componentes son generados por estímulos con un ratio de presentación superior a 70 Hz lo que permite obtener registros de forma fiable a intensidades próximas al umbral tanto en recién nacidos como en niños de corta edad.

En la tabla 1 observamos la correspondencia entre los diferentes componentes electrofisiológicos de los potenciales evocados auditivos (PEA) en función del proceso sensorial que evalúa. Esta tabla complementa la tradicional clasificación en la que se establece una correspondencia entre el generador anatómico del componente y el potencial evocado. Desde un punto de vista estrictamente funcional es

**Tabla 1.** Clasificación de los diferentes componentes electrofisiológicos de los potenciales evocados auditivos en función del proceso auditivo que evalúan.

| Proceso auditivo                          | Componente |
|-------------------------------------------|------------|
| Priming semántico                         | N400       |
| Discriminación auditiva categorial        | P300       |
| Discriminación auditiva precategoryal     | MMN        |
| Escalamiento de la sensación de sonoridad | P200       |
| Umbrales específicos en frecuencia        | PEAee      |
| Umbrales no específicos en frecuencia     | PEATC      |

posible inferir de los registros electrofisiológicos procesos asociados a la actividad del sistema nervioso auditivo tanto central como periférico. Estos procesos pueden comprender entre otros la determinación de la sensación, la discriminación o la atribución de significados a los estímulos auditivos.

## LA ESTIMACIÓN DEL UMBRAL TONAL AUDIOMÉTRICO A PARTIR DE LOS POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS

Varios investigadores han tratado de establecer las diferencias entre los umbrales fisiológicos y psicoacústicos. Los umbrales de los PEATC en adultos con pérdidas neurosensoriales son 5 a 30 dB mayores que los obtenidos a partir de las audiometrías tonales de estos mismos pacientes. En niños con pérdidas neurosensoriales los umbrales de los PEATC son de 10 a 15 dB mayores que los umbrales psicoacústicos. Los PEAee poseen una exactitud en las estimaciones variables en función de la frecuencia de estimulación, el grado de pérdida, la edad del sujeto y el tiempo de examen. En pacientes hipoacústicos se obtienen umbrales fisiológicos más próximos a los psicoacústicos que en sujetos normoyentes. Existen dos procedimientos frecuentemente aplicados en la estimación de los umbrales del audiograma a partir de los PEAee. El primero de ellos consiste en obtener la media de las diferencias entre los umbrales fisiológicos y psicoacústicos. El segundo procedimiento consiste en determinar la función de regresión entre el umbral fisiológico y el psicoacústico para diferentes valores de pérdida auditiva. En ambos casos, la bondad de la estimación dependerá de la variabilidad de los umbrales fisiológicos de un sujeto a otro o

de un registro a otro. Entre ambos procedimientos no se han encontrado diferencias importantes. Sin embargo, es conveniente tener en cuenta que el margen de error de ambos procedimientos puede llegar a los +/- 10 dB. Esto implica que, por ejemplo, en el caso de la prescripción de la ganancia audiotrófica se pueda cometer un error de sobre o infra amplificación de hasta 20 dB.

En la práctica clínica es frecuente admitir que los umbrales auditivos obtenidos en niños mediante técnicas electrofisiológicas son equivalentes a los valores de la sensibilidad auditiva obtenida en adultos con audiometrías liminares. O al menos es frecuente cometer el error de interpretar los umbrales fisiológicos y psicoacústicos como equivalentes en cuanto a las unidades de medida en los que se han obtenido. Existen importantes diferencias tanto cuantitativas como cualitativas en la interpretación de los resultados obtenidos con ambos procedimientos. En la tabla 2 se lleva a cabo una comparación entre la audiometría del adulto y los PEA en niños. Las unidades de medidas, tipos de transductor, calibración y características de los estímulos, procesos y estructuras del sistema nervioso central auditivo difieren de forma notable. Estas diferencias deben ser tenidas en cuenta tanto en la interpretación clínica de los registros como en sus aplicaciones clínicas, por ejemplo, en las adaptaciones audiotróficas.

**Tabla 2.** Principales diferencias entre la obtención del umbral auditivo en el adulto mediante la audiometría tonal liminal y los umbrales fisiológicos obtenidos a partir de los PEATC.

| Audiometría en adultos             | PEATC en niños                   |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Unidad de medida: dB HL            | Unidad de medida: dB nHL         |
| Evaluamos todo el sistema auditivo | Evaluamos el tronco cerebral     |
| Tonos puros de larga duración      | Clics o tonos de corta duración  |
| Calibración estandarizada          | No hay calibración estandarizada |

### LA ESPECIFICIDAD FRECUENCIAL

Los PEATC, como se ha indicado anteriormente, poseen una pobre capacidad para derivar información específica en frecuencia de la partición coclear. Esto lleva implícito la dificultad para reconstruir el audiograma. Sin embargo, existen múltiples posibilidades para obtener respuestas específicas en frecuencia a partir de registros electrofisiológicos. Basados en los PEATC se han empleado dos tipos de procedimientos. El primero de ellos consiste en presentar un clic enmascarado con ruido filtrado a diferentes pasos de banda. El segundo procedimiento consiste en presentar impulsos tonales con enmascaramiento selectivo ipsilateral. Ambas estrategias poseen importantes limitaciones. Primero, el reconocimiento de la respuesta no es sencillo toda vez que la identificación de las ondas de estos potenciales es compleja. Segundo, la estimación del umbral no es del todo precisa ya que sí se tiene en cuenta tanto la diferencia como las desviaciones típicas inherentes a la estimación se puede llegar a cometer errores de hasta 20 dB. Ambos procedimientos consumen mucho tiempo. La obtención de un audiograma de cuatro frecuencias para los dos oídos puede consumir hasta 2 h de registro.

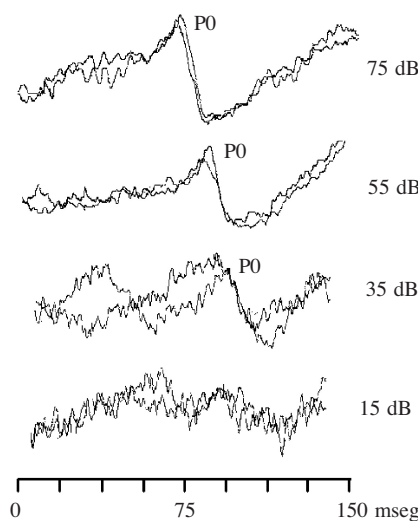


Figura 1: Registros de PEATC obtenidos mediante un impulso tonal de 1 kHz con enmascaramiento selectivo ipsilateral.

Los PEAee han supuesto un gran avance en los procedimientos de caracterización del audiograma. Los umbrales obtenidos a partir de los PEAee poseen al menos la misma exactitud y la misma especificidad frecuencial que los PEATC con impulsos tonales. Además tienen la ventaja de que pueden ser registrados de forma simultánea, lo cual permite obtener hasta ocho umbrales en ambos oídos en un tiempo significativamente menor que las técnicas basadas en un sólo estímulo por promedio.

### LA CALIBRACIÓN DE LOS ESTÍMULOS

Los umbrales electrofisiológicos y psicoacústicos difieren para un mismo paciente ya que su calibración, provocación y estructuras anatómicas desencadenantes son diferentes. No existe una calibración estandarizada para los clics e impulsos tonales empleados en los PEA. Los umbrales obtenidos a partir de estos procedimientos están referidos en dB nHL. Estos son obtenidos a partir de un grupo control sobre el que se calcula la diferencia entre los valores de los umbrales fisiológicos y psicoacústicos. Este valor se incorpora como referencia del 0 dB nHL en el equipo de registro. Un procedimiento alternativo consiste en tomar una referencia acústica de los umbrales fisiológicos en dB SPL (RTSPL). No existen estándares para la calibración de estos estímulos. La obtención de esta referencia puede llevarse a cabo midiendo los picos equivalentes en SPL (pe SPL) o midiendo los picos de presión equivalente del estímulo durante un intervalo de tiempo determinado (ppe SPL). A través de estos dos procedimientos se obtienen diferentes valores SPL y, por lo tanto, referencias para la calibración distintas que deben ser tenidas en cuenta.

A diferencia de los impulsos tonales o clics, los tonos modulados empleados en los registros de PEAee son continuos en tiempo. La calibración de estos estímulos puede ser llevada a cabo siguiendo los mismos estándares que los empleados en la calibración de los tonos puros de los audiómetros. Este procedimiento permite obtener los umbrales directamen-

te en dB HL lo que facilita su interpretación e incluso su introducción directa en los módulos de adaptación audioprotésicos con las debidas precauciones que este proceder conlleva.

### ACÚSTICA DEL CONDUCTO AUDITIVO EXTERNO

Si la finalidad última es la adaptación audioprotésica a partir de los registros electrofisiológicos es conveniente tener en cuenta las características acústicas del conducto auditivo externo. En las adaptaciones audioprotésicas infantiles, las diferencias encontradas entre los umbrales fisiológicos y psicoacústicos dependen en parte de los mayores valores de resonancia observados en los canales auditivos de los niños. La obtención de la medida de la diferencia entre el acoplador de 2 cm<sup>3</sup> y el oído real [Real Ear to Couple Difference (RECD)] contribuye a minimizar este efecto en la prescripción de la ganancia del audífono.

En la figura 2 observamos la propuesta de Bagatto para obtener los umbrales en oído real teniendo en cuenta las diferencias entre los umbrales fisiológicos y psicoacústicos y las características acústicas del conducto auditivo externo. En esta figura observamos a la izquierda las correcciones necesarias partiendo de un registro de PEAee (dB HL), y a la derecha, observamos las correcciones a llevar a cabo para un registro de PEATC (dB nHL). En este último caso, toda vez que el estímulo es un clic o impulso tonal, no dispondremos de calibraciones estandarizadas como en el caso de los PEAee. Es necesario obtener los dB eHL producto de la sustracción de los dB nHL del registro electrofisiológico con la corrección psicofísica para la estimación del umbral. El siguiente paso contempla la adición de los valores de resonancia del conducto obtenidos a partir del RECD. Finalmente, obtendremos la equivalencia del umbral auditivo en el oído real en dB SPL.

Como hemos visto es posible estimar los umbrales de la audiometría tonal a partir de los PEA específicos en frecuencia tanto a partir de los PEATC como de los

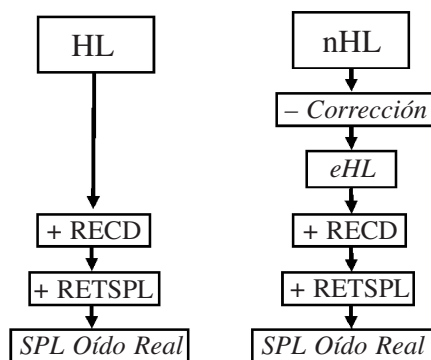


Figura 2: Esquema de las correcciones a llevar a cabo en la estimación del umbral auditivo psicofísico a partir de registros de PEAee a la izquierda y PEATC con clics o impulsos tonales a la derecha propuesta por Bagatto y cols. El resultado final de la conversión se expresa en dB SPL en oído real a nivel del tímpano.

PEAee. Sin embargo como varios autores señalan es necesario aplicar correcciones a estas estimaciones para convertir los dB nHL a HL para su posterior ingreso en el cálculo de los ajustes de las prótesis auditivas cuando el equipo o el método de prescripción de la ganancia no lo haga por sí mismo. La unidad de medida del valor de esta estimación se la conoce como dB eHL.

### CONCLUSIÓN

La caracterización de los umbrales auditivos a partir de los PEA no está exenta de limitaciones. Más allá de la determinación del umbral auditivo a partir de un único registro, estas pruebas deberán de ser interpretadas a la luz de los resultados obtenidos mediante otros procedimientos. Estos ya pueden ser registros electrofisiológicos o umbrales psicoacústicos obtenidos a partir de técnicas de observación o refuerzo de la conducta. La interpretación y reconstrucción final del audiograma supondrá la integración de todas estas estimaciones, tanto fisiológicas como psicoacústicas.

### BIBLIOGRAFÍA

Barajas, JJ y Zenker F. (1999). Potenciales Evocados Auditivos. En Carlos Sua-

rez (Ed.): Tratado de Otorrinolaringología y Patología de Cabeza y Cuello. Tomo II (Otología). Madrid. Proyectos Médicos. Capítulo 72.

Bagatto, MP, Moodie, ST, Scollie, SD, Sewald, RC, Moodie, KS, Pumford, JM, Liu, KR. (2005). Clinical protocols for hearing instrument fitting in the Desired Sensation Level method. Trends in Amplification, 9(4): 199-226.

Barajas, J.J. y Zenker F. (2005). Potenciales Evocados Auditivos. En: Tratado de Audiología. Editor: E. Salesa, E. Perelló y A. Bonavida, Masson, S.A. Barcelona, pp. 241-255.

Barajas, J.J. y Zenker, F. (2002). Potenciales Evocados Auditivos Continuos. [on-line]. Auditio: Revista electrónica de audiología. Vol. 1(2), pp. 20-24. <<http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/2/010202.pdf>>

Delgado, J., Zenker, F. y Barajas J.J. Normalización de los Potenciales Evocados del Tronco Cerebral I: Resultados en una muestra de adultos normoyentes [en-linea]. Auditio: Revista electrónica de audiología. 1 Febrero 2003, vol. 2(1), pp. 13-18. <<http://www.auditio.com/revista/pdf/vol2/1/020104.pdf>>

Zenker, F., Barajas, J.J., Meco, G. y Espinosa, S. (1996). Auditory Brainstem Response to 1000 Hz Filtered Tone Burst in Normal Hearing Subjects. Comunicación presentada en el XXIII International Congress of Audiology. Bari, Italia.

Zenker F., Fernández, R. y Barajas, J.J. (2006). La adaptación audioprotésica pediátrica precoz a partir de registros de potenciales evocados auditivos de estado estable. Acta Otorrinolaringol Esp 2006; 57: 339-344.

Zenker F. (2004) Medidas en Oído Real mediante sonda microfónica (I). Revista de la Asociación Nacional de Audioprotesistas. N°75 noviembre 2004, pp. 15-19.

Zenker F. (2005) Medidas en Oído Real mediante sonda microfónica (II). Aspectos prácticos. Audioprotesistas de Hoy. N°2 octubre 2005, pp. 30-36.