

Enero-Febrero 2022 - número 1

- Correlatos neurofisiológicos corticales del umbral auditivo en adultos y niños con audición normal y con trastorno del espectro de la neuropatía auditiva, por Garrett Cardon y Anu Sharma.- Seguimiento de la pérdida auditiva en pacientes afectados por el Zika, por Ruth S. Marin y Irene A. Sideris.

Correlatos neurofisiológicos corticales del umbral auditivo en adultos y niños con audición normal y con trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

Garrett Cardon

Departamento de Trastornos de la Comunicación, Brigham Young University, Provo, UT

Anu Sharma

Departamento de Ciencias del Habla, el Lenguaje y la Audición, Universidad de Colorado Boulder

Objetivo: La estimación del umbral auditivo utilizando los potenciales evocados auditivos del tronco cerebral y los potenciales evocados auditivos de estado estable es limitada en algunas poblaciones (p. ej., personas con un trastorno del espectro de la neuropatía auditiva [TENA] o personas que tienen dificultad para permanecer quietas durante las pruebas y no toleran la anestesia general). No obstante, en un gran número de estos pacientes se pueden registrar los potenciales evocados auditivos corticales (PEAC) y se han utilizado en la aproximación de los umbrales. Por lo tanto, hemos estudiado las estimaciones de los umbrales auditivos mediante PEAC en participantes con audición normal, hipoacusia neurosensorial y TENA.

Método: Registramos los PEAC a diferentes niveles de intensidad con habla (/ba/) y con un tono puro (1 kHz) para estimar los umbrales auditivos en adultos ($n = 10$) y niños ($n = 10$) con audición normal y en estudios de casos de niños con hipoacusia neurosensorial y TENA.

Resultados: Los resultados mostraron un patrón de disminución de la amplitud y aumento de la latencia de los PEAC a medida que las intensidades de los estímulos disminuían hasta que los componentes de la onda desaparecían cerca de los niveles del umbral auditivo. En general, los umbrales obtenidos mediante PEAC se encontraban a menos de 10 dB HL de los umbrales conductuales para ambos estímulos.

Conclusión: Los hallazgos anteriores sugieren que los PEAC pueden ser clínicamente útiles para estimar el umbral auditivo en poblaciones para las que no existe actualmente otro método disponible. La estimación del umbral fisiológico en poblaciones clínicas difíciles de evaluar podría dar lugar a una intervención más temprana y a mejores resultados.

Los potenciales evocados auditivos corticales (PEAC) se pueden utilizar como un medio fisiológico para estimar el umbral auditivo. Una literatura relativamente extensa que se remonta a varias décadas atrás proporciona evidencia que respalda esta noción (véase Cone-Wesson y Wunderlich, 2003, para una revisión). En gran medida, la estimación del umbral mediante PEAC no tiene una amplia aceptación como técnica clínica debido al uso extendido de otros potenciales evocados, como los potenciales evocados auditivos del tronco cerebral (PEATC) y los potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAee) para

Enero-Febrero 2022 - número 1

la estimación clínica del umbral (véase Sininger et al., 2018, para una revisión) y a otros factores limitantes de la propia prueba, incluida la duración de esta. No obstante, como describiremos, muchas personas se podrían beneficiar del uso de los PEAC para medir el umbral auditivo, en lugar o además de los métodos clínicos habituales que se utilizan actualmente. Por lo tanto, el presente estudio tenía como objetivo investigar y reproducir la eficacia y la viabilidad de la estimación del umbral auditivo mediante PEAC, tanto en niños como en adultos con audición normal (NH). Aquí, también ampliamos el anterior trabajo presentando un nuevo ajuste a los métodos tradicionales de estimación del umbral mediante PEAC, que sirve para acortar el tiempo de prueba y mantener una precisión razonable. La utilidad clínica de los PEAC como herramienta para estimar el umbral auditivo se vuelve a demostrar con un caso de hipoacusia neurosensorial (HNS) pediátrica y dos estudios de casos de niños con trastorno del espectro de la neuropatía auditiva (TENA).

La obtención y el uso de umbrales auditivos están generalizados en el campo de la audiolología. Definidos como la intensidad más baja a la que una persona puede detectar correctamente la presencia de un sonido el 50% del tiempo (Katz, 2002), los umbrales auditivos se utilizan para caracterizar la severidad de la pérdida auditiva, proporcionando pronósticos para pacientes con pérdida auditiva y en tratamiento (p. ej., en la adaptación de audífonos). El uso de medios fisiológicos para estimar el umbral auditivo ha supuesto una gran contribución a la identificación temprana y al tratamiento de la pérdida auditiva. Actualmente, los PEATC y los PEAAe se utilizan de forma generalizada para identificar y diagnosticar la pérdida auditiva en recién nacidos y niños pequeños. Si bien esta práctica ha demostrado ser eficaz en la mayoría de los pacientes, presenta varias limitaciones. Un ejemplo importante se encuentra en los niños con TENA.

En esta población, los PEATC y los PEAAe suelen estar ausentes o son muy anómalos debido a la disminución de la sincronía del nervio auditivo y el tronco cerebral y, por lo tanto, no pueden proporcionar ninguna información sobre el umbral auditivo (p. ej., Rance et al., 2005; Starr et al., 1996). Además, tanto en los PEATC como en los PEAAe se requiere que los pacientes estén dormidos o extremadamente quietos para registrar datos útiles de potenciales evocados. En consecuencia, a medida que los bebés crecen, duermen menos y suelen estar más activos en las horas de vigilia, las técnicas de PEATC y PEAAe pueden resultar inadecuadas. Aunque los avances en los equipos de registro y las técnicas de procesamiento de datos pueden ayudar con algunos artefactos relacionados con el paciente, cuando un paciente pediátrico no se somete a las pruebas de PEATC y PEAAe por su propia voluntad, se suelen recomendar las pruebas bajo sedación. El uso de anestesia general para obtener un umbral de PEATC y PEAAe, si bien suele ser eficaz, tiene el potencial de ser peligroso y estresante para los niños y los padres, además de ser más caro que los PEATC sin sedación (p. ej., Cotè et al., 2006; Francois et al., 2012; Reich y Wiatrak, 1996). Además, hay poblaciones de pacientes con discapacidad auditiva que no pueden tolerar la anestesia general debido a discapacidades concomitantes. Además, en muchos casos, en ocasiones debido a discapacidades concurrentes, los pacientes no pueden responder apropiadamente durante la audiometría conductual. Por lo tanto, sería útil disponer de una prueba fisiológica que pueda proporcionar información precisa del umbral auditivo en poblaciones de pacientes a los que no se puedan realizar pruebas de PEATC o PEAAe (p. ej., aquellos en quienes estas respuestas estén ausentes) o una audiometría conductual (p. ej., aquellos afectados por movimientos constantes o problemas de comportamiento).

Los PEAC se han utilizado ampliamente para estimar umbrales auditivos (p. ej., Cone y Whitaker, 2013; Cone-Wesson y Wunderlich, 2003; Davis et al., 1968; Davis y Zerlin, 1966; He et al., 2013; Hyde, 1997;

Enero-Febrero 2022 - número 1

Lightfoot y Kennedy, 2006; Werner et al., 1993, 1994; Parving et al., 1981; Picton y Smith, 1978; Prasher et al., 1993; Punch et al., 2016; Purdy et al., 2013; Van Dun et al., 2015, 2016; Visram et al., 2015). Por ejemplo, en la actualidad, la estimación del umbral mediante PEAC se emplea con frecuencia en algunas partes del mundo en casos forenses en adultos (Prasher et al., 1993; Tsui et al., 2002). Sin embargo, esta herramienta clínica no se utiliza ampliamente para la estimación del umbral, especialmente en niños. No obstante, existen estudios recientes en los que se promueve la estimación del umbral utilizando PEAC en niños con HNS y TENA (Chang et al., 2012; Cone y Whitaker, 2013; He et al., 2013; Punch et al., 2016; Visram et al., 2015).

Los informes que se encuentran en la literatura varían en sus afirmaciones sobre el grado de precisión de los PEAC en la estimación del umbral auditivo entre la estimación casi perfecta y umbrales de PEAC de hasta 20 dB por encima del umbral conductual, probablemente debido a diferencias en las técnicas de registro y determinación del umbral, diferencias entre los participantes y variabilidad entre estudios para evocar estímulos (Hone et al., 2003; Lightfoot y Kennedy, 2006; Parving et al., 1981; Tsui et al., 2002; Van Dun et al., 2015; Werner et al., 1993, 1994). Normalmente, en los estudios relacionados con la estimación del umbral en adultos se utiliza el complejo N1-P2 para encontrar el umbral, mientras que el pico positivo conocido como PEAC P1 se utiliza en niños pequeños. El complejo N1-P2, un pico claramente identificable que se vuelve negativo a unos 100 ms al que sigue directamente un gran pico que se vuelve positivo a unos 200 ms, se desarrolla en la infancia tardía a partir del pico P1 que se vuelve positivo y que se observa en el registro de los PEAC en la primera infancia (Gilley et al., 2005; Ponton et al., 2000; Sharma et al., 1997).

En general, a medida que disminuye la intensidad, disminuyen las amplitudes de estos componentes de la onda y suele aumentar la latencia (p. ej., Garinis y Cone-Wesson, 2007). A medida que se aproxima el umbral, los componentes de la onda de los PEAC desaparecen, lo que indica que se ha alcanzado el umbral del paciente mediante PEAC. Se han utilizado estímulos de tonos, señales de habla y clics para buscar los umbrales en los PEAC, si bien parece que los estímulos del habla se han empleado relativamente menos que otros estímulos (Davis et al., 1968, 1966; Davis y Zerlin, 1966; Garinis y Cone-Wesson, 2007; Lightfoot y Kennedy, 2006).

En varias investigaciones se respalda el uso de PEAC en la estimación del umbral en niños y lactantes (Cone y Whitaker, 2013; Davis et al., 1966; Punch et al., 2016). Por ejemplo, Davis et al. (1966) encontraron una gran correspondencia entre la audiometría obtenida por respuestas corticales evocadas y los umbrales conductuales (es decir, dentro de 20 dB HL) en 79 niños. Más recientemente, Cone y Whitaker (2013) presentaron resultados que indican que la estimación del umbral mediante PEAC fue posible y precisa en lactantes con audición normal. En estos y otros estudios se demuestra que los PEAC pueden ser un medio viable para obtener estimaciones de umbrales en niños con audición normal e HNS, especialmente cuando se adoptan medidas para mejorar la razón señal/ruido (p. ej., aumentando el recuento de barridos de los PEAC). Se requiere una mayor investigación para determinar si este fenómeno se observará en niños con TENA, dado que la investigación es limitada en esta población. No obstante, datos recientes de He et al. (2013) sugieren que la estimación del umbral mediante PEAC no solo fue factible, sino además precisa, en un grupo de cinco niños mayores con TENA. Para que esta metodología se adopte ampliamente, se necesita una reproducción en múltiples estudios. Desafortunadamente, debido a que los niños con TENA son difíciles de reclutar, las muestras de tamaño pequeño suelen ser frecuentes en los estudios en los que se examina a

Enero-Febrero 2022 - número 1

esta población. En ausencia de estudios a gran escala en el TENA, la combinación de numerosos estudios con muestras pequeñas puede proporcionar suficientes datos confirmatorios.

En la literatura revisada mencionada anteriormente se facilita una justificación sólida para realizar investigaciones adicionales de la estimación del umbral utilizando los PEAC. No solo se ha demostrado que los PEAC son indicadores fiables del umbral auditivo en adultos y niños con audición normal e HNS, sino que también facilitan información adicional sobre la madurez cortical que podría ser clínicamente relevante en niños con TENA y otras poblaciones difíciles de evaluar. Teniendo en cuenta estos puntos, investigamos la viabilidad y la precisión de la estimación del umbral utilizando los PEAC para estímulos del habla (/ba/) y tono puro (1000 Hz) en adultos y niños con audición normal. Dado que en la realización de pruebas de umbral mediante PEAC en múltiples frecuencias se puede tardar mucho tiempo, ampliamos el trabajo anterior empleando el estímulo del habla /ba/, que abarca 500, 1000 y 2000 Hz, como un medio de estimación inicial de frecuencias importantes del habla que es aproximadamente análogo al tradicional promedio de tonos puros (PTA; Sharma et al., 1997). Planteamos la hipótesis de que, en grupos de adultos y niños con audición normal, los PEAC codificarían el umbral auditivo de una manera fiable. Es decir, que habría una correspondencia razonable entre el punto en el que los componentes de la onda de los PEAC, como P1, N1 y P2, desaparecían y los umbrales conductuales. Finalmente, para determinar la utilidad clínica de las mediciones del umbral mediante PEAC, evaluamos si las mediciones mediante PEAC podrían registrarse con éxito y determinar con precisión el umbral auditivo en niños con HNS y TENA utilizando un enfoque de estudio de caso.

Materiales y método

Participantes

Los participantes en el estudio propuesto fueron 10 adultos con audición normal ($M_{\text{edad}} = 25,5$ años; seis mujeres), nueve niños con edades comprendidas entre 4 y 6 años con audición normal ($M_{\text{edad}} = 4,89$ años; dos niñas), y tres niños con pérdida auditiva (uno con HNS y dos con TENA). Tanto en los adultos como en los niños, la audición normal se definió como umbrales auditivos de 20 dB HL, o superiores, en tonos puros de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz obtenidos mediante audiometría de conducción aérea tradicional. No se utilizó la audiometría de conducción ósea dado que todos los participantes tenían una audición normal. Todo el reclutamiento, el consentimiento y las pruebas se realizaron de acuerdo con las normas del Comité de revisión institucional de la Universidad de Colorado en Boulder, incluido el consentimiento por escrito de los participantes adultos y de los progenitores de los niños y el consentimiento verbal y/o el consentimiento por escrito de los niños cuando era apropiado.

Evaluación audiométrica convencional

Se realizó una audiometría de conducción aérea conductual a todos los participantes con audición normal antes de la prueba de los PEAC. Consistió en técnicas estándar de búsqueda de umbrales clínicos apropiadas para la edad de cada participante, utilizando tonos puros a 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. Además, se obtuvieron umbrales de recepción del habla (URH) para cada participante. Finalmente, se calcularon los umbrales auditivos de conducción aérea conductuales para cada participante con el mismo

Enero-Febrero 2022 - número 1

estímulo del habla (/ba/) que se utilizó en la prueba de los PEAC. Toda la audiometría conductual se realizó con un audiómetro clínico GSI 61 que cumplía con unas normas de calibración estrictas y actuales. Además, los niños se sometieron a un examen timpanométrico con un timpanómetro clínico para garantizar que el oído medio funcionaba adecuadamente el día o los días de la prueba. Los umbrales de los niños con TENA se determinaron mediante la revisión de sus archivos clínicos. Todos los umbrales de estos niños se habían obtenido en los 6 meses anteriores al momento de la prueba.

Estímulos para el registro de potenciales evocados auditivos corticales

Los PEAC se registraron con un tono puro de 1000 Hz y un estímulo del habla /ba/ (para obtener más información sobre el uso de estímulos del habla, véase Sharma et al., 1997). El tono puro se creó utilizando el paquete de software Audacity (versión 2.0.3) (Audacity Team, 2013). El estímulo de tono puro tuvo una duración total de 90 ms, con pendientes lineales de ascenso y descenso de 10 ms y una meseta de 70 ms. El estímulo del habla /ba/ también tuvo una duración total de 90 ms y consistió principalmente en frecuencias en el rango de 500-2000 Hz. Todos los estímulos se presentaron en un intervalo entre estímulos de 700 ms. Cada estímulo se calibró individualmente mediante un sonómetro profesional Brüel & Kjaer Tipo 2230 (ANSI Tipo I) para garantizar unos niveles apropiados de salida del audiómetro al participante (es decir, en dB HL).

Parámetros de registro

Los datos de PEAC se obtuvieron con un sistema de electroencefalografía de Compumedics Neuroscan. Se utilizaron electrodos de plata/cloruro de plata, colocados en Cz (línea media central) con referencia a la mastoides ipsilateral, para registrar los PEAC. Se utilizó un canal bipolar separado, con electrodos colocados en la órbita superior y el canto externo lateral, para monitorizar los parpadeos oculares. Se desecharon los barridos que contenían parpadeos. El margen de tiempo de cada barrido oscilaba entre el preestímulo de 100 ms y el postestímulo de 600 ms. La frecuencia de muestreo se estableció en 1000 Hz para el registro. Durante el posprocesamiento, cada grupo de periodos se situó en una línea de base de cero. A continuación, se rechazaron los barridos que contuvieran datos que superaban $\pm 100 \mu\text{V}$.

Procedimiento

Durante las pruebas, los participantes estaban sentados en una silla cómoda o en el regazo de un progenitor. Si lo deseaban, podían ver una película con los niveles de audio silenciados durante el registro. En caso contrario, se les permitía jugar o leer en silencio. Se indicó a los participantes que ignorasen el estímulo auditivo, que permaneciesen despiertos y en alerta y que detuvieran la sesión en cualquier momento en caso de ser necesario.

Cada participante inició la sesión o las sesiones con una audiometría conductual, que incluía pruebas de tono puro, URH y búsqueda de umbrales auditivos para el estímulo del habla /ba/. En los niños, también se realizaba una timpanometría. A continuación, se realizaban las pruebas de PEAC. Se evaluó un oído por participante utilizando un auricular de inserción ER-3A de Etymotic Research para las pruebas conductuales y de PEAC. El oído de prueba y el estímulo inicial (es decir, tono de 1 kHz o /ba/) se alternaron entre los participantes. Las intensidades del estímulo para los PEAC comenzaron a 60 dB HL para dos secuencias de PEAC de al menos 200 barridos. Este procedimiento se repitió mientras la intensidad disminuía en pasos de

Enero-Febrero 2022 - número 1

10 dB HL hasta que se registraron dos secuencias de PEAC a 50, 40, 30, 20, 10 y 0 dB HL. Se realizó tanto para el tono de 1 kHz como para el estímulo del habla /ba/. Las sesiones duraron alrededor de 2,5 horas en total para los adultos y algunos niños. Además, se ofreció la opción de realizar las pruebas durante dos o tres sesiones y algunos participantes la aceptaron, por lo que el tiempo total de las pruebas se alargó. En dos casos (ambos participantes tenían 4 años) se necesitaron tres sesiones de unas 2 horas cada una para completar las pruebas.

Análisis de los datos

Después de la corrección de la línea de base y el rechazo de artefactos y parpadeos, los barridos de electroencefalografía se promediaron en conjunto para cada serie registrada. Se obtuvieron al menos dos secuencias de más de 200 barridos de cada intensidad de estímulo para el tono de 1000 Hz y el estímulo del habla /ba/ para cada participante, lo que permitió realizar una comparación posterior para determinar si las ondas promediadas de secuencias independientes eran reproducibles. A su vez, estas ondas medidas se promediaron en conjunto para obtener un agregado, o un gran promedio, para cada intensidad en cada participante. Además, se obtuvieron promedios generales para cada estímulo en cada intensidad en todos los participantes de cada grupo (es decir, adultos y niños) para obtener promedios de grupo.

El umbral de los PEAC se definió como el último nivel en el que los componentes de la onda eran reproducibles e identificables. La determinación del umbral a partir de las ondas de los PEAC la realizaron dos investigadores independientes y con experiencia (es decir, ambos autores). Los datos del umbral mediante PEAC para el tono de 1 kHz y el estímulo del habla /ba/ se compararon con los hallazgos del umbral conductual para el tono puro de 1 kHz, los URH y el estímulo del habla /ba/, respectivamente, mediante análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas. Además, para cada participante, se calcularon latencias y amplitudes absolutas para cada componente de la onda, para ambos estímulos de PEAC, en cada intensidad. Para estos cálculos se utilizaron los promedios generales de las ondas de cada participante. Los datos de latencia y amplitud se evaluaron en primer lugar para determinar la normalidad y, a continuación, se compararon entre intensidades mediante un ANOVA de medidas repetidas. Con un análisis de potencia post hoc utilizando el paquete de software G*Power (Faul et al., 2009, 2007) se averiguó que un tamaño de muestra de 10 participantes, tanto en adultos como en niños con audición normal, con cinco medidas repetidas, al nivel de $p = 0,05$, proporcionaba una potencia adecuada (0,82) para detectar efectos moderados (0,45).

Registro, procedimiento y análisis para niños con HNS y TENA

En su mayor parte, el procedimiento de registro y prueba de los PEAC fue idéntico para los niños con HNS y TENA al utilizado en el caso de los participantes con audición normal. Sin embargo, dado que los niños con HNS y TENA sometidos a las pruebas eran, en promedio, más jóvenes que los participantes con audición normal y el hecho de que todos ellos habían acudido también a nuestro laboratorio para la realización de pruebas clínicas de PEAC, se modificaron algunas partes del protocolo. Por ejemplo, a diferencia de los niños con audición normal, en el caso de los niños con HNS y TENA, no se analizaron todas las intensidades entre 0 y 60 dB HL. Además, en algunos de los estudios de caso, solo se evaluó un estímulo (es decir, 1 kHz o /ba/). Ambas modificaciones en nuestros métodos sirvieron para acortar el tiempo total empleado por el participante en las pruebas. El análisis de los datos fue idéntico en todos los casos al de los participantes

Enero-Febrero 2022 - número 1

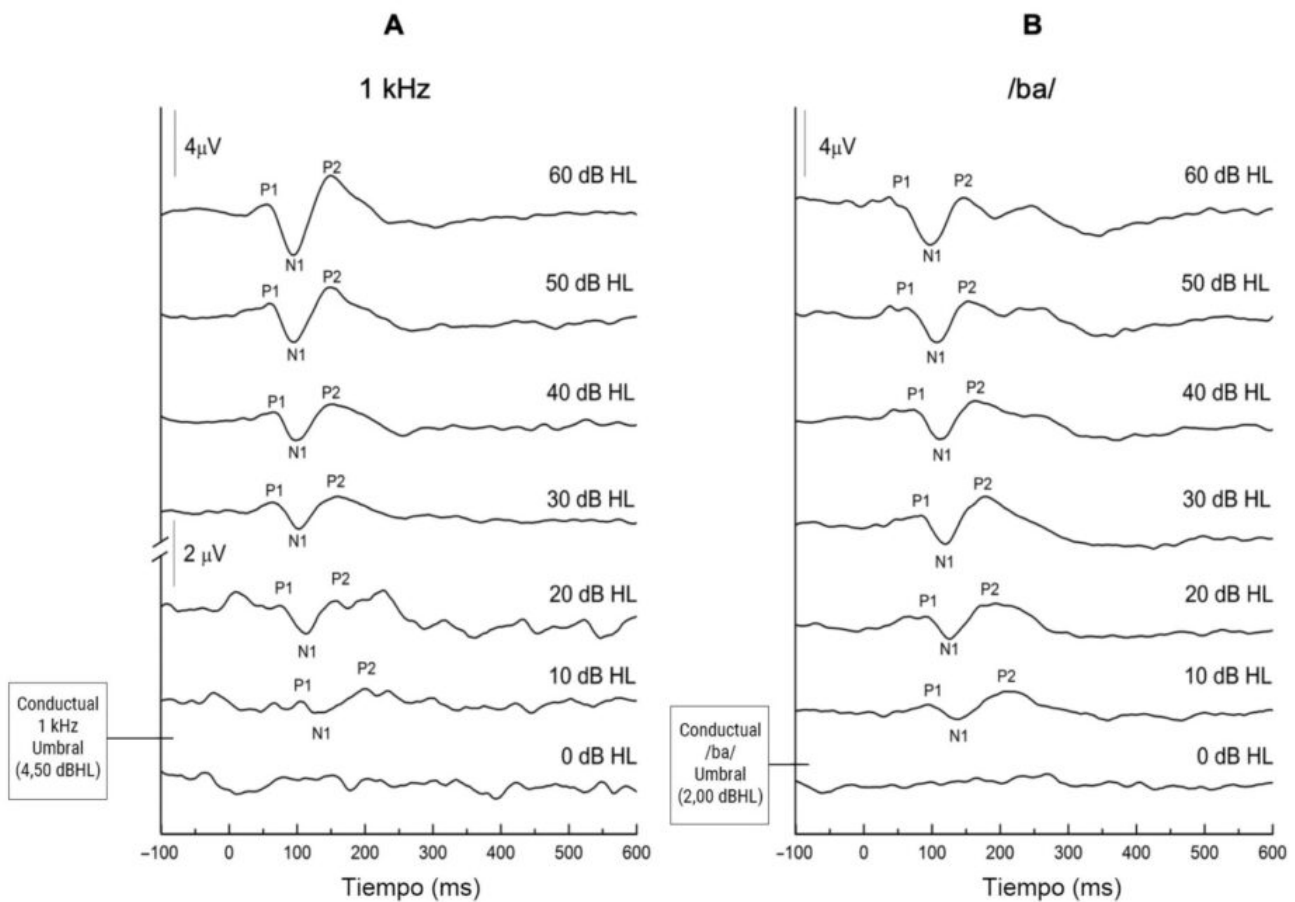
con audición normal.

Resultados

Niños y adultos con audición normal

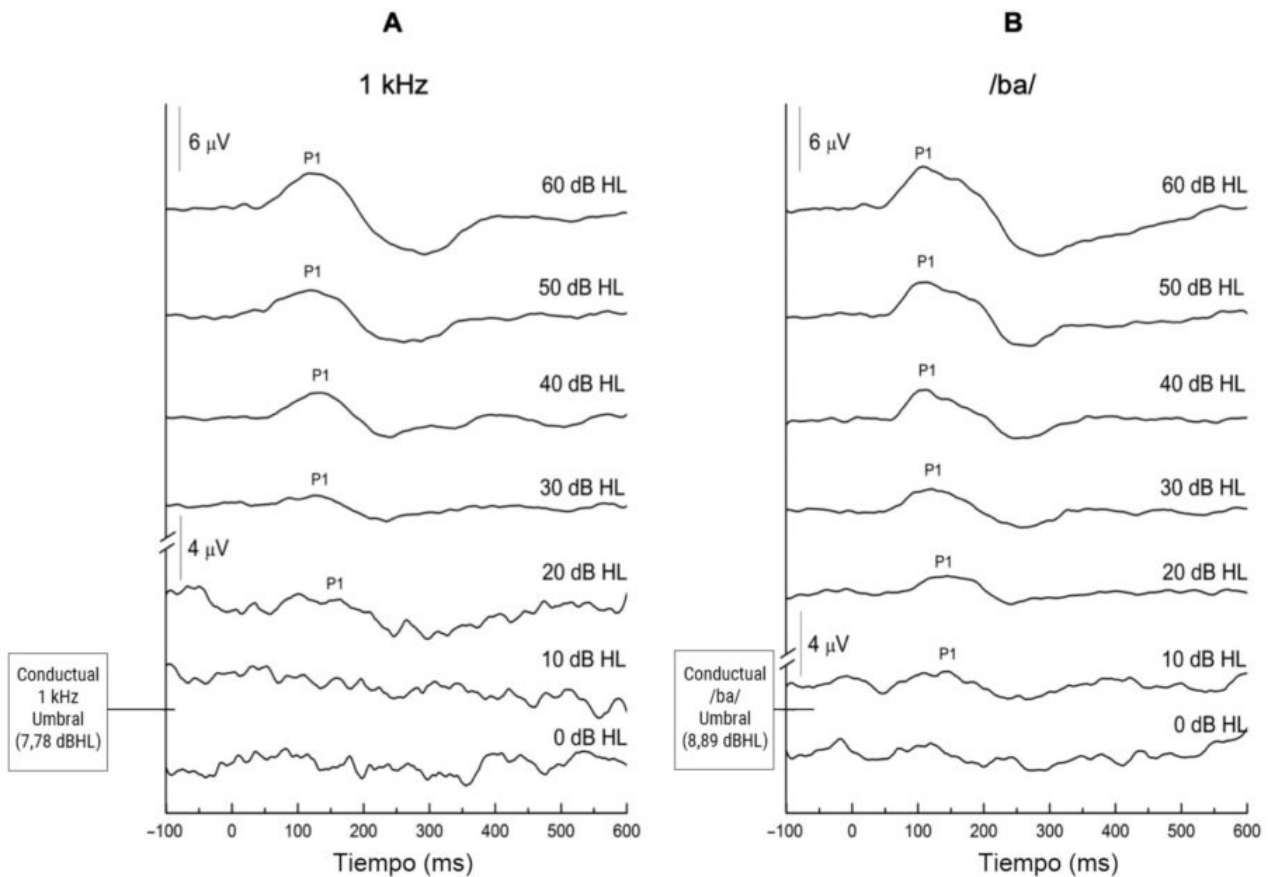
Las ondas a partir de las que se obtuvieron los promedios generales para adultos y niños con audición normal, en todas las intensidades y para los estímulos de 1 kHz y /ba/ se muestran en las Figuras 1 y 2. Estas ondas muestran un cambio claro y sistemático en la morfología de la onda relacionada con la intensidad del estímulo. Es decir, la amplitud de todos los componentes de la onda disminuía hasta que, a una intensidad determinada, el estímulo no podía evocar potenciales neurofisiológicos típicos. La última intensidad a la que los componentes de la onda eran claramente visibles y reproducibles entre las secuencias de registro se designó como el umbral de los PEAC.

Figura 1. Ondas a partir de las que se ha obtenido los promedios generales de potenciales evocados auditivos corticales en intensidades descendentes para adultos con audición normal.



Enero-Febrero 2022 - número 1

Figura 2. Ondas a partir de las que se ha obtenido los promedios generales de potenciales evocados auditivos corticales en intensidades descendentes para niños con audición normal.



En el análisis cuantitativo post hoc de la onda se detectó una disminución sistemática de la amplitud de todos los componentes de la onda, a medida que la intensidad del estímulo se reducía tanto para el estímulo de 1 kHz como para el estímulo /ba/ en adultos y niños con audición normal.

Además, la latencia aumentaba a medida que disminuía la intensidad del estímulo. Se realizaron ANOVA de medidas repetidas para cada componente de la onda de los PEAC (P1: niños; P1, N1, P2: adultos). Varias intensidades probadas en el estudio actual (20, 50, 40, 30, 60 dB HL) sirvieron como variables en estos análisis. No se pudieron incluir intensidades inferiores a 20 dB HL porque varios participantes no disponían de información de latencia o amplitud, dado que su umbral de PEAC ya se había alcanzado a intensidades más altas. Para prácticamente todos los componentes de la onda de los PEAC, se observó un efecto principal significativo de intensidad tanto para la latencia como para la amplitud. Por ejemplo (como se aprecia en las Figuras 3A y 3B), en los adultos con audición normal se observó una diferencia de efecto principal (Greenhouse-Geiser) en la intensidad del tono de 1 kHz en la latencia P1 ($F = 6,69$; $p = 0,025$), la latencia N1 ($F = 9,33$; $p = 0,006$), la amplitud N1 ($F = 13,47$; $p = 0,000$), la latencia P2 ($F = 8,37$; $p = 0,002$) y la amplitud P2 ($F = 10,09$; $p = 0,002$). También hubo diferencias significativas del efecto principal en la intensidad del estímulo del habla /ba/ en la latencia P1 ($F = 21,66$; $p = 0,000$), la latencia N1 ($F = 20,1$; $p = 0,000$), la amplitud N1 ($F = 9,55$; $p = 0,002$) y la latencia P2 ($F = 3,92$; $p = 0,037$). De manera

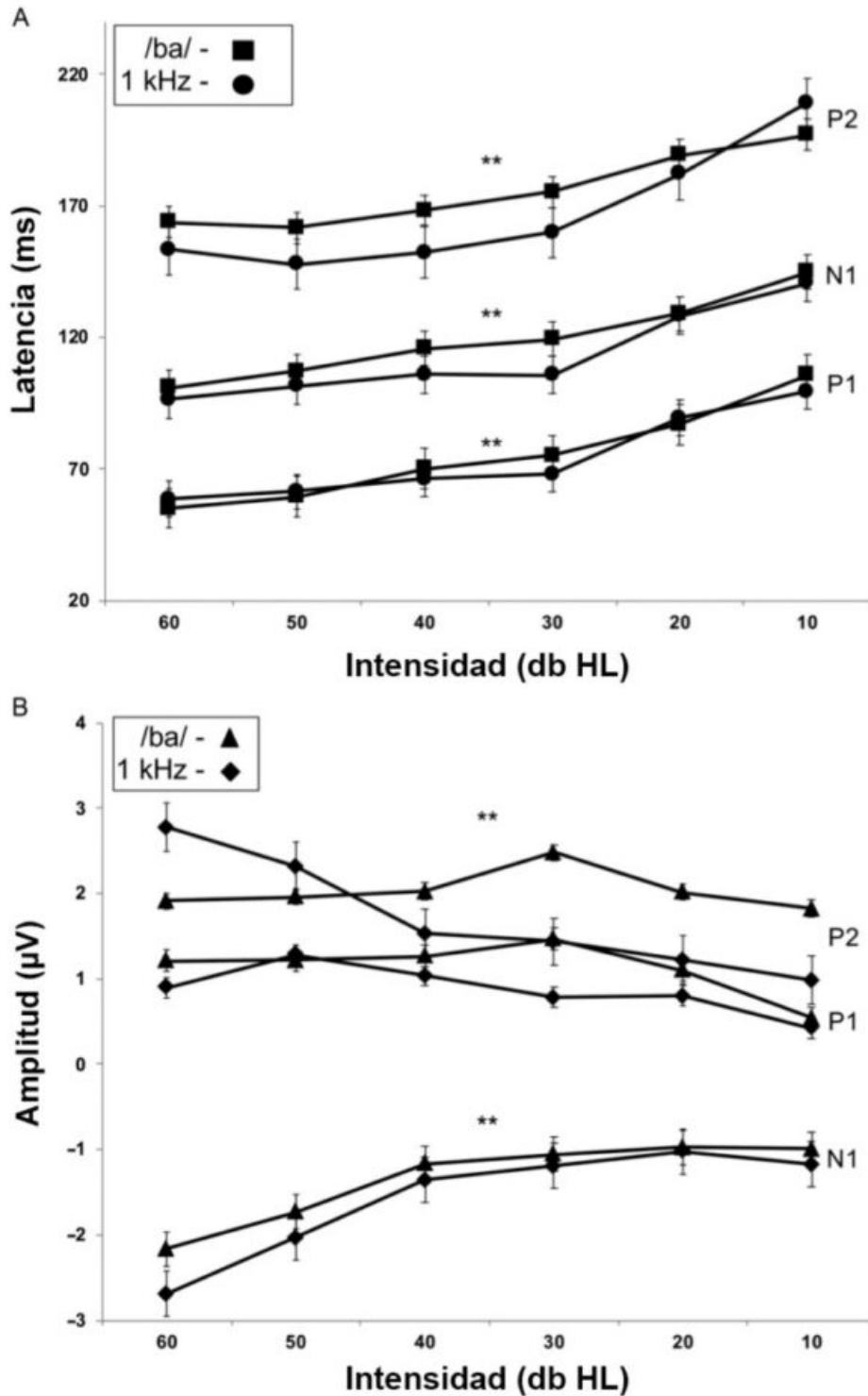
Enero-Febrero 2022 - número 1

similar, los niños con audición normal (véanse las figuras 4A y 4B) mostraron diferencias significativas en la intensidad de la latencia P1 ($F = 9,92$; $p = 0,005$) y la amplitud ($F = 18,28$; $p = 0,000$) en respuesta al tono de 1 kHz, así como en la latencia P1 ($F = 3,48$; $p = 0,05$) y la amplitud P1 ($F = 11,27$; $p = 0,00$) provocadas por el estímulo del habla /ba/.

Es decir, en general, las latencias y amplitudes de las ondas de los PEAC a intensidades más altas diferían significativamente de las de menor intensidad tanto en niños como en adultos. Las únicas variables en las que el hallazgo anterior no fue verdadero fueron la amplitud P1 de adultos para los estímulos de 1 kHz y /ba/, y la amplitud P2 para el estímulo /ba/. En general, la progresión de las latencias y amplitudes de los componentes de los PEAC con el cambio de intensidad siguió patrones coherentes entre adultos y niños y en todos los estímulos. De hecho, en un análisis estadístico posterior se detectaron relaciones lineales significativas entre intensidades para adultos y niños y en todos los estímulos. Sin embargo, parece que la amplitud P1 no es un marcador fiable para el cambio de intensidad en los registros de PEAC de adultos. La representación gráfica de estos hallazgos se puede ver en las Figuras 3 y 4.

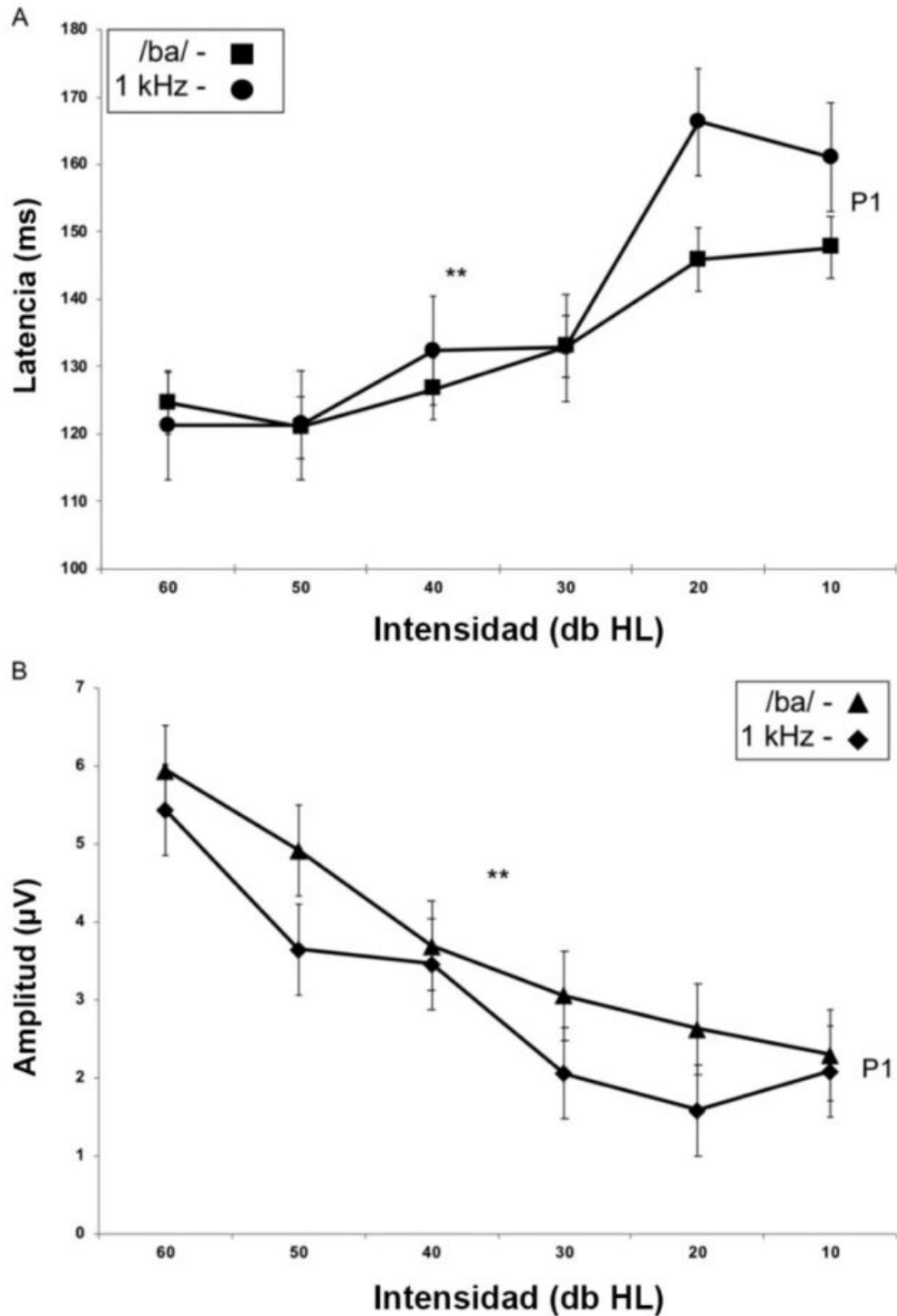
Enero-Febrero 2022 - número 1

Figura 3. Latencias (A) y amplitudes (B) pico de los componentes de la onda de los potenciales evocados auditivos corticales (P1, N1, P2) en adultos con audición normal con intensidades de estímulo descendentes.



Enero-Febrero 2022 - número 1

Figura 4. Latencias (A) y amplitudes (B) pico del componente de la onda de los potenciales evocados auditivos corticales P1 en adultos con audición normal con intensidades de estímulo descendentes.



La comparación de los umbrales mediante PEAC y conductuales se muestran en la Tabla 1 y en las Figuras

Enero-Febrero 2022 - número 1

5 y 6. En un ANOVA de medidas repetidas se detectó que las diferencias en los umbrales mediante PEAC y conductuales fueron significativamente diferentes en los adultos en las siguientes comparaciones: (a) /ba/ de PEAC frente a /ba/ conductual ($F = 9$; $p = 0,015$), (b) 1 kHz de PEAC frente a tonos de 1 kHz conductuales ($F = 13,97$; $p = 0,005$) y (c) /ba/ de PEAC frente a URH conductuales ($F = 14,88$; $p = 0,004$). En el caso de los niños con audición normal, en un análisis similar se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos: (a) 1 kHz de PEAC frente a 1 kHz conductual ($F = 8,47$; $p = 0,02$) y (b) /ba/ de PEAC frente a URH conductuales ($F = 5,33$; $p = 0,05$). Por lo tanto, en la mayoría de los casos, existía una diferencia significativa entre los umbrales mediante PEAC y conductuales. No obstante, en nuestro grupo de niños con audición normal, la diferencia entre los umbrales /ba/ de PEAC y /ba/ conductuales no alcanzó significación (/ba/ de PEAC frente a /ba/ conductual [$F = 3,08$; $p = 0,12$]). Esto puede indicar que con los umbrales mediante PEAC obtenidos para el estímulo del habla /ba/ se estiman adecuadamente los umbrales obtenidos conductualmente en el caso de los niños con audición normal. Además, aunque los umbrales mediante PEAC y conductuales fueron estadísticamente diferentes entre sí en la mayoría de los casos, la diferencia en dB HL entre los umbrales obtenidos mediante estos dos métodos fue en todos los casos de 10 dB HL o menos (véase la Tabla 1).

Tabla 1. Umbrales medios conductuales y mediante PEAC en adultos y niños con audición normal para los estímulos de 1 kHz y /ba/.

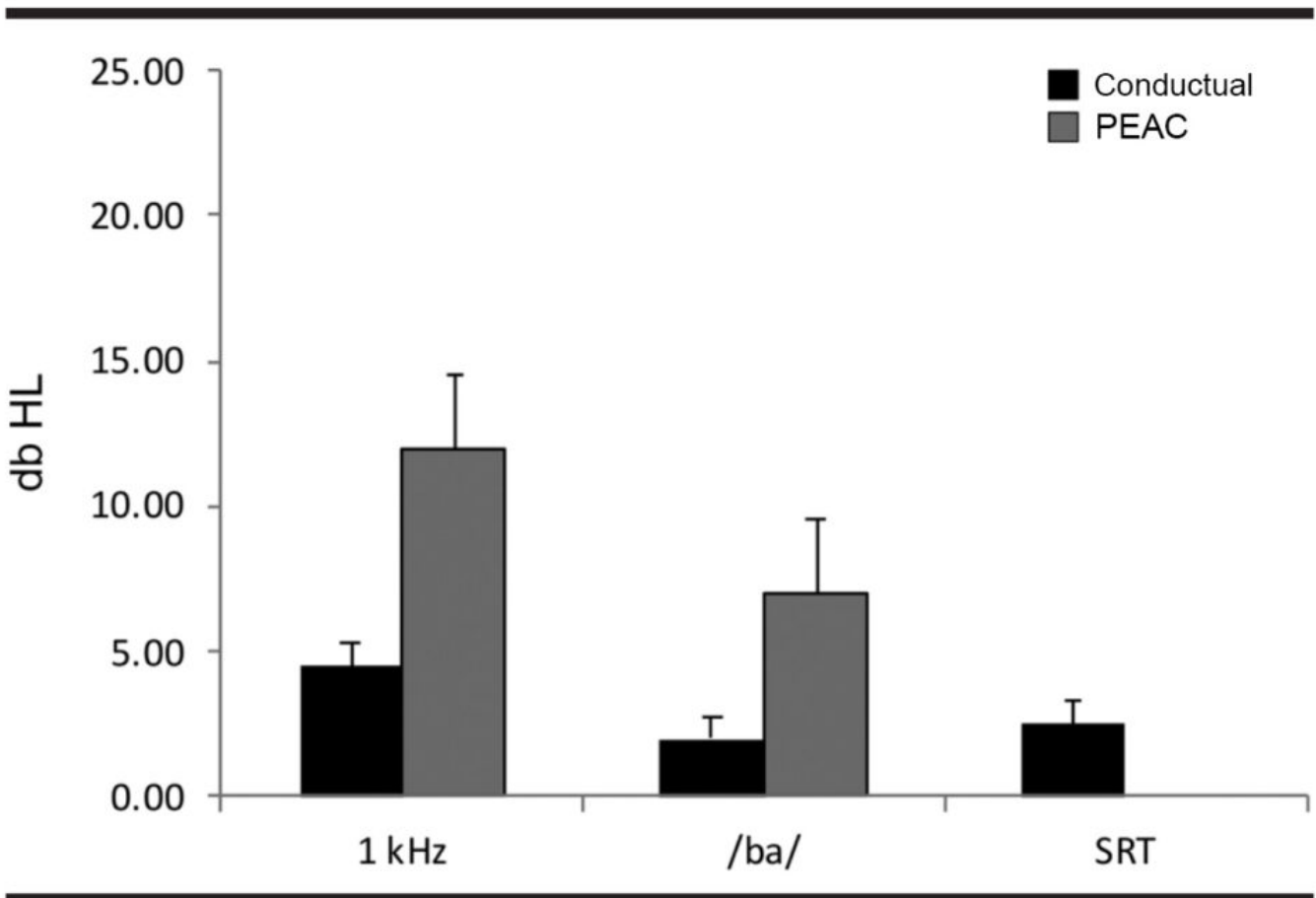
Grupo	Estímulo	Umbral conductual (dB HL)	Umbral mediante PEAC (dB HL)	Diferencia entre los umbrales conductuales y mediante PEAC (dB)	Diferencia estadística (F; p)
Adultos con AN	1 kHz	4,50	12,00	7,50**	13,97; 0,005
	/ba/	2,00	7,00	5,00*	9,00; 0,015
	URH	2,50	—	4,50 [†] **	14,88; 0,004
Niños con AN	1 kHz	7,78	17,78	10,00**	8,47; 0,02
	/ba/	8,89	14,44	5,55	3,08; 0,12
	URH	7,78	—	6,66 [†] *	5,33; 0,05

Nota. Los guiones largos indican que no hubo una medición directa del umbral mediante PEAC para los URH. PEAC = potenciales evocados auditivos corticales; AN = audición normal; URH = umbral de detección del habla.

* $p \leq 0,05$. ** $p \leq 0,01$. [†]Diferencia entre el umbral /ba/ conductual de URH y PEAC.

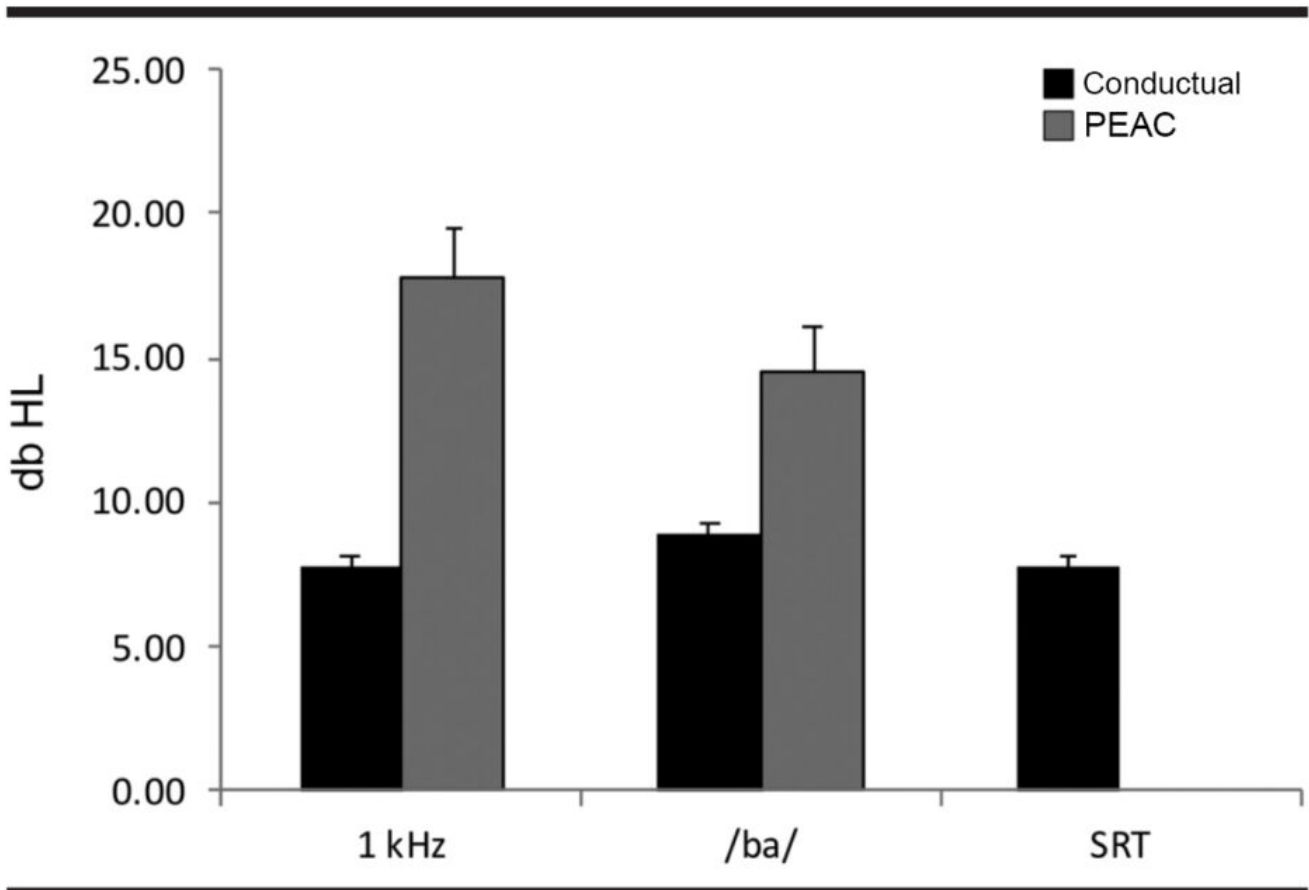
Enero-Febrero 2022 - número 1

Figura 5. Comparación de los umbrales medios conductuales y mediante potenciales evocados auditivos corticales (PEAC) en adultos con audición normal. URH = umbral de recepción del habla.



Enero-Febrero 2022 - número 1

Figura 6. Comparación de los umbrales medios conductuales y mediante potenciales evocados auditivos corticales (PEAC) en niños con audición normal. URH = umbral de recepción del habla.



Niños con HNS y TENA

Caso 1 - HNS1

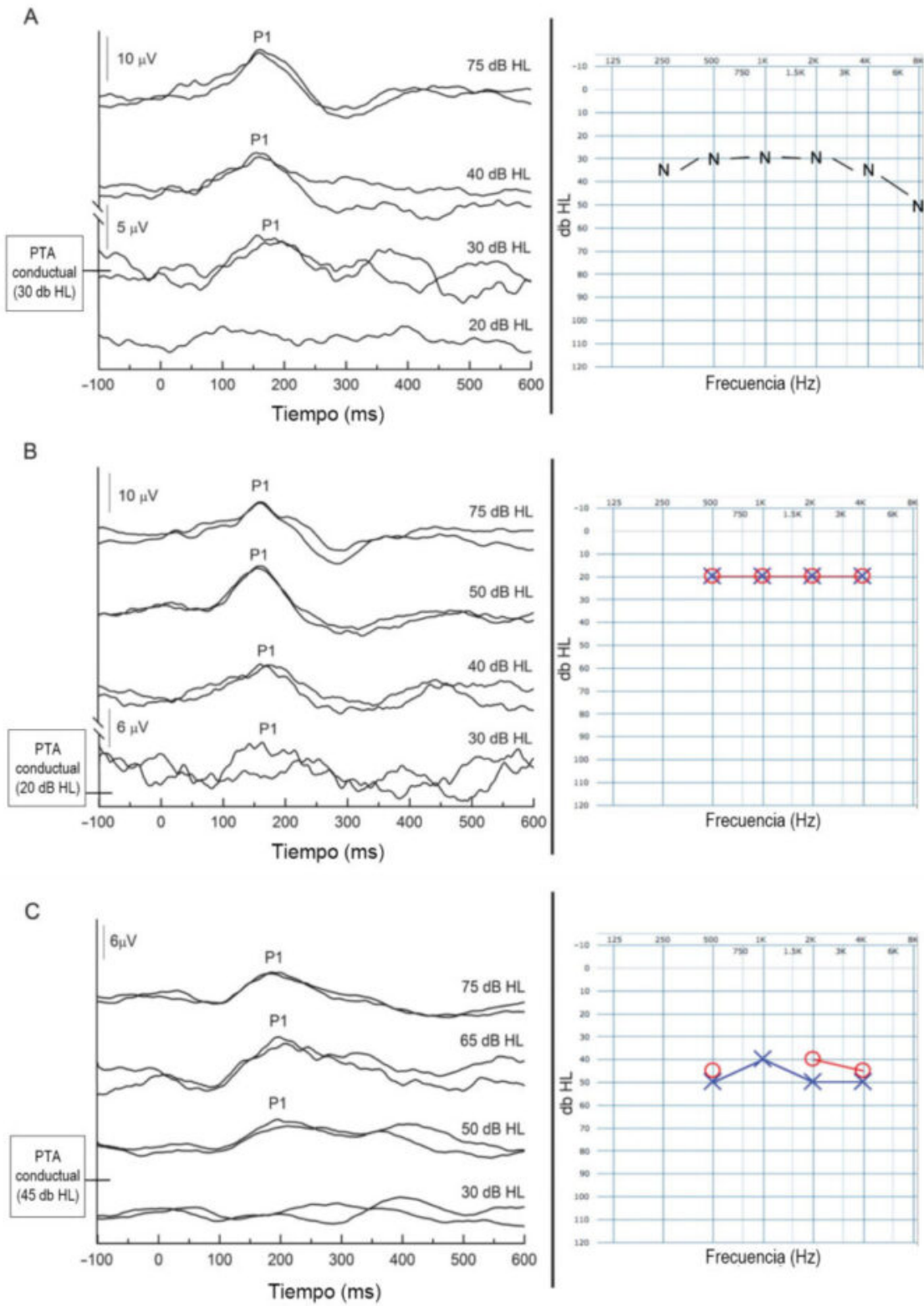
HNS1 acudió a nuestra clínica a la edad de 2,15 años para la realización de pruebas electrofisiológicas. A los padres de HNS1 y a los audiólogos que le atendían les preocupaba su retraso en la adquisición del lenguaje y el uso no regular de los audífonos. Durante la cita de HNS1, también le realizamos una evaluación de umbral mediante PEAC. Esta evaluación incluyó registros de PEAC utilizando el estímulo del habla /ba/ a 75, 40, 30 y 20 dB HL. Si bien la respuesta PEAC P1 fue claramente visible y reproducible a 30, 40 y 75 dB HL, no se puede observar a 20 dB HL. Por lo tanto, se estimó que el umbral mediante PEAC de HNS1 era de 30 dB HL (véase la Figura 7A). Las pruebas audiométricas conductuales realizadas antes de su visita a nuestra clínica por el audiólogo que trataba a HNS1 indicaban que sus umbrales auditivos conductuales en el campo sonoro se encontraban regularmente entre 30 y 35 dB HL, dependiendo de la

Enero-Febrero 2022 - número 1

sesión de pruebas (Figura 7A).

Enero-Febrero 2022 - número 1

Figura 7. Umbral mediante potenciales evocados auditivos corticales y resultados de audiometría conductiva para HNS1 (A), TENA1 (B) y TENA2 (C). PTA = promedio de tonos puros.



Enero-Febrero 2022 - número 1

Caso 2 - TENA1

TENA1 nació a las 28 semanas de gestación y su periodo neonatal fue complicado, incluyendo enfermedad pulmonar crónica, apnea del prematuro, leucomalacia periventricular y necesidad de ventilación mecánica. A TENA1 se le derivó para la realización de una evaluación audiológica diagnóstica completa por no pasar el cribado auditivo neonatal. En los PEATC de diagnóstico se detectó una morfología anómala de la onda con una posible onda V en respuesta a estímulos de clic a algunas intensidades y una microfonía coclear presente y robusta. Se observaron otoemisiones acústicas bilateralmente. Estos resultados condujeron a un diagnóstico de TENA. Poco después del diagnóstico, TENA1 comenzó la intervención temprana regular en su domicilio. Una vez que se consiguieron obtener los umbrales auditivos, la audiometría conductual reveló umbrales auditivos normales en el campo sonoro, con un umbral de detección del habla biaural de 20 dB HL. A la edad de 2,12 años, TENA1 fue derivado a nuestra clínica para una evaluación electrofisiológica a través de PEAC. TENA1 presentó PEAC P1 reproducibles de latencia de pico normal para su edad (Sharma et al., 2002a, 2002b, 2005). También realizamos a TENA1 la estimación del umbral mediante PEAC utilizando el estímulo del habla /ba/. Esta evaluación incluyó registros de PEAC a 75, 50, 40 y 30 dB HL. Las respuestas P1 robustas y reproducibles son visibles en todos los niveles de intensidad evaluados, si bien la morfología de la onda se degradaba a medida que disminuía la intensidad (esp. 30 dB HL; véase la Figura 7B). Considerando estos hallazgos, los umbrales conductuales y mediante PEAC parecen ser congruentes.

Caso 3 - TENA2

Habiendo nacido prematuramente (a las 33 semanas de gestación), TENA2 experimentó múltiples problemas en sus primeros años de vida. Por ejemplo, necesitó una transfusión de sangre de gemelo a gemelo, ventilación mecánica, recibió medicación ototóxica, estuvo varias semanas en la unidad de cuidados intensivos neonatales y sufrió varias operaciones relacionadas con enterocolitis necrotizante. TENA2 también sufría de hiperbilirrubinemia. Después de un cribado auditivo neonatal fallido, a TENA2 se le realizaron pruebas de diagnóstico que revelaron PEATC con microfonía coclear presente, una morfología anómala/ausente y otoemisiones acústicas presentes. Conjuntamente, estos hallazgos clínicos dieron finalmente como resultado un diagnóstico de TENA. La audiometría conductual posterior indicó que los umbrales auditivos de TENA2 se encontraban en el rango de hipoacusia moderada (es decir, 45 y 43 dB HL PTA para los oídos derecho e izquierdo, respectivamente). TENA2 fue atendida en nuestro laboratorio para la realización de pruebas electrofisiológicas cuando tenía una edad de 1,07 años. Los resultados de estas pruebas indicaron respuestas PEAC P1 con una morfología de onda y una latencia normales para la edad de la paciente. Además, se registraron los PEAC con el estímulo del habla /ba/ a 75, 65, 50 y 30 dB HL para estimar los umbrales auditivos de la paciente. La paciente mostró respuestas de PEAC robustas y reproducibles a 50, 65 y 75 dB HL, pero no a 30 dB HL. Por lo tanto, se determinó que el umbral mediante PEAC de TENA2 se encontraba en 50 dB HL (véase la Figura 7B).

Discusión

Empleamos técnicas conductuales de estimación del umbral y mediante PEAC con adultos y niños con audición normal, utilizando tanto un tono puro para reproducir hallazgos anteriores como un nuevo

Enero-Febrero 2022 - número 1

estímulo del habla (/ba/). Presentamos también un ejemplo del uso clínico de las medidas del umbral de PEAC en tres estudios de casos de niños con pérdida auditiva (es decir, uno con HNS y dos con TENA). En general, nuestros hallazgos mostraron que las amplitudes de los componentes de la onda de los PEAC disminuyeron, mientras que las latencias aumentaron a medida que se reducía la intensidad del estímulo. Este patrón se observó hasta que, a medida que la intensidad del estímulo se acercaba al umbral, los componentes de la onda de los PEAC desaparecieron. Se definió el umbral de los PEAC como la última intensidad en la que se podían identificar componentes claros y reproducibles de la onda de los PEAC. En un análisis más detallado se descubrió que, en promedio, los umbrales mediante PEAC se encontraban a un máximo de 10 dB HL del umbral conductual, tanto para el tono puro de 1 kHz como para el estímulo del habla /ba/ en el caso de adultos y niños. Además, los niños con HNS y TENA mostraban patrones similares a los de los participantes con audición normal en la latencia, la amplitud y la morfología de la onda de los PEAC. Estos niños también presentaban umbrales de PEAC cercanos a sus umbrales auditivos conductuales (es decir, dentro de 10 dB HL). En conjunto, estos hallazgos sugieren que el uso de los PEAC para estimar el umbral auditivo puede ser clínicamente útil. Además, estos resultados pueden contribuir al desarrollo de una herramienta clínica para estimar el umbral en niños pequeños con HNS, herramienta que no existe actualmente. A otras poblaciones en las que no se pueden aplicar los PEAC y/o los PEAC más comunes, o no se puede realizar una audiometría conductual, también les resultarán beneficiosas las mediciones del umbral mediante PEAC. Por último, reconocemos que el pequeño tamaño de la muestra del estudio actual se debe considerar en su interpretación. No obstante, los hallazgos actuales representan una reproducción y una ampliación de la literatura disponible. En la siguiente discusión se destacan algunas de las cuestiones importantes en torno a los resultados anteriores.

Uso de los PEAC como medida objetiva del umbral en adultos y niños

Si bien parece que, actualmente, la estimación del umbral mediante PEAC se utiliza principalmente en contextos forenses, en diversos informes recientes se defiende el uso de esta técnica en niños con HNS y TENA (p. ej., Lalayants et al., 2018; Lightfoot, 2016; Oliveira et al., 2019). Por ejemplo, Chang et al. (2012) evaluaron la audibilidad en condiciones asistidas y no asistidas en un grupo de bebés con HNS usando PEAC. Sus hallazgos sugirieron que los PEAC se podrían utilizar con éxito para determinar la audibilidad de los estímulos del habla en estos participantes. Además, He et al. (2013) recientemente facilitaron evidencia de que los PEAC se podrían utilizar para estimar los umbrales auditivos en cinco niños mayores con TENA. En este estudio, los investigadores compararon los umbrales auditivos obtenidos conductualmente y con PEAC de estímulos de tonos puros habitualmente utilizados en pruebas audiométricas (es decir, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz). Esta comparación reveló una excelente concordancia (entre 5 y 10 dB) entre los umbrales obtenidos mediante estos dos métodos entre 500 y 2000 Hz, observándose las mayores diferencias con 250 y 4000 Hz. Estos hallazgos son congruentes con los del estudio actual, en el que se encontró que los umbrales mediante PEAC y conductuales se encontraban a menos de 10 dB HL el uno del otro para el estímulo /ba/ en los casos clínicos de ejemplo de HNS y TENA.

En este estudio se utilizó un estímulo del habla /ba/ para registrar los PEAC. Seleccionamos este estímulo porque puede disminuir el tiempo de prueba en la determinación del umbral y añadir alguna validez ecológica (Chang et al., 2012; Cone y Whitaker, 2013; Punch et al., 2016). Por ejemplo, nuestro grupo utiliza el estímulo del habla /ba/ desde hace muchos años para evaluar la madurez del sistema auditivo central en participantes con audición normal, así como con HNS y TENA. El estímulo /ba/ abarca las

Enero-Febrero 2022 - número 1

frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz. De esta manera, si bien estimula una amplia gama de frecuencias, destaca las incluidas en el PTA tradicional, una medida que se utiliza habitualmente en el campo de la audiolología para resumir los umbrales auditivos. Se propone que su uso en nuestro estudio tiene una función similar: proporcionar una estimación amplia del umbral auditivo en algunas de las frecuencias más importantes para la comprensión del habla. De ello se deduce que esta técnica novedosa se podría utilizar clínicamente de una manera similar. Por lo tanto, parece que, si bien la estimación del umbral mediante PEAC se está utilizando en algunos contextos audiológicos, se podría utilizar con mayor asiduidad, especialmente si los estímulos del habla, como /ba/, se pueden utilizar para obtener con mayor rapidez una estimación del umbral inicial en las frecuencias relevantes de la percepción del habla.

Actualmente, se siguen descubriendo procesos fisiológicos subyacentes a los cambios observados en la respuesta neuronal cuando se producen cambios en el nivel de intensidad del estímulo. Por ejemplo, Eggermont (2000) presentó datos que ilustraban que la sincronía neural aumentaba sistemáticamente a medida que aumentaba la intensidad del estímulo. Si bien no es el único proceso neuronal que podría explicar las diferencias dependientes de la intensidad en los registros de los PEAC, es probable que sea importante al considerar a pacientes con TENA. En los registros PEAC de búsqueda de umbral, es razonable creer que el aumento de la amplitud y la disminución de la latencia de los componentes de la onda de los PEAC dependientes de los aumentos del nivel del estímulo se debieron, al menos en parte, a una mejor sincronía neural (Starr et al., 2001). Es necesario seguir trabajando para caracterizar completamente este fenómeno en personas con audición normal y pérdida auditiva.

Además de ser la única técnica objetiva viable de medición del umbral actualmente disponible para niños pequeños con TENA, la medición del umbral mediante PEAC tiene otras ventajas. Por ejemplo, un paciente puede permanecer despierto durante la prueba de PEAC. Además, las pruebas de PEAC son menos susceptibles al movimiento del paciente que las pruebas de PEATC o PEAA. Estos datos son especialmente positivos cuando se considera que la sedación no sería necesaria en el caso de niños mayores que necesiten pruebas objetivas, a diferencia del requisito de sedación para realizar una evaluación de PEATC. Si bien en las pruebas de PEAC se suele tardar más tiempo que en las pruebas de PEATC, es posible que muchos padres prefieran acudir a varias citas para la realización de la estimación del umbral en varias frecuencias que someter a su hijo a una sedación para una evaluación de los PEATC. Además, las pruebas de PEAC se pueden realizar utilizando la mayoría de los sistemas de potenciales evocados clínicos, con los ajustes y los parámetros adecuados, y se pueden emplear estímulos de tono, habla, ruido y/o clic en la actividad neurofisiológica evocada. En los datos actuales se reproducen los hallazgos anteriores y se muestran resultados prometedores de estimación del umbral auditivo en al menos un niño con HNS mediante PEAC, lo que sugiere que este método se podría emplear en otros casos similares, especialmente en los casos de niños a los que no se pueda sedar para realizar las pruebas de PEATC. Aunque se necesitan más investigaciones para estandarizar los procedimientos clínicos en los que se utilizan los PEAC en la estimación de umbrales, los datos reproducibles actuales presentan la noción de su viabilidad como evaluación clínica.

Si se pretende utilizar clínicamente la estimación del umbral mediante PEAC, un área de investigación que puede necesitar una atención adicional es la discrepancia entre los umbrales mediante PEAC y conductuales. Se han realizado relativamente pocos estudios sobre la precisión de la estimación del umbral mediante PEAC en niños. No obstante, en un estudio de Cone y Whitaker (2013) se demostró que los

Enero-Febrero 2022 - número 1

umbrales mediante PEAC, en promedio, eran próximos, iguales e incluso inferiores a los umbrales de percepción en bebés. Los resultados de la investigación actual concuerdan con este grado de precisión en la mayoría de los participantes pediátricos incluidos en el estudio. Es decir, en promedio, los umbrales mediante PEAC y conductuales se encontraban a menos de 5-10 dB HL el uno del otro en niños con audición normal, HNS y TENA. Reconocemos que la diferencia entre los umbrales conductuales y mediante PEAC podría haber sido menor en este estudio si hubiéramos utilizado tamaños de paso de intensidad más pequeños en nuestras pruebas de PEAC. A pesar de este efecto potencial, nuestros resultados son comparables, e incluso más favorables, que las técnicas clínicas de estimación de umbrales que se utilizan habitualmente mediante PEATC y PEAAe (es decir, el uso de un factor de corrección), en las que los umbrales neurofisiológicos y conductuales pueden llegar a diferenciarse en hasta 20 dB HL (p. ej., Davis y Beagley, 1985; Elberling y Don, 1987; Fratalli et al., 1995; Hayes y Jerger, 1982; Stapells et al., 1995).

La base neurofisiológica de la diferencia entre los umbrales perceptuales y mediante PEAC aún no está clara, si bien se han realizado varias conjeturas sobre este tema. Por ejemplo, Werner et al. (1993) postularon y proporcionaron evidencia de que tanto los factores sensoriales como los no sensoriales contribuyeron a los umbrales conductuales y a los obtenidos mediante PEATC. Si bien ambos tipos de umbrales auditivos pueden compartir algunos mecanismos subyacentes, existen otros (es decir, la sincronía neuronal afectada por el grado de mielinización, la influencia de la atención y la confianza en la respuesta del paciente en las pruebas conductuales) que diferencian los umbrales conductuales y los umbrales de potenciales evocados. Por lo tanto, considerando las posibles diferencias en los factores que contribuyen a cada tipo de umbral auditivo, es plausible que, en un paciente determinado, los resultados no coincidan perfectamente. Esto se puede observar especialmente en bebés y niños, en los que la sensibilidad auditiva y el sistema nervioso se encuentran en desarrollo. Otra posible fuente de variabilidad entre los umbrales auditivos conductuales y objetivos es la atención (y otros factores centrales). Es decir, en las pruebas conductuales, se le pide al participante que preste atención y responda a los estímulos presentados por el evaluador. Por el contrario, los métodos de obtención de umbrales auditivos de potenciales evocados son normalmente paradigmas pasivos, en los que el sujeto no responde. Por lo tanto, si bien en algunos pacientes las medidas conductuales y objetivas de los umbrales auditivos pueden ser bastante congruentes, debido a los diversos factores subyacentes discutidos anteriormente, esta correlación puede no ser tan elevada en otros pacientes. Lo que queda claro a partir del estudio actual y de otros estudios es que la estimación del umbral mediante técnicas de PEAC también puede facilitar información sobre el procesamiento del sonido a nivel cortical. Se puede presuponer que, si el sonido se transduce por el oído y, a continuación, se transmite a través de la vía neural auditiva a la corteza, la integridad del sistema nervioso auditivo subcortical es favorable. Este conocimiento puede resultar de utilidad para los profesionales clínicos en el tratamiento de los pacientes.

Umbrales auditivos e intervención temprana en niños con TENA

Debido a que los niños con TENA presentan PEATC y PEAAe ausentes o con una gran anomalía, la capacidad de ofrecer una intervención temprana a estos niños es muy limitada. Es decir, más allá del diagnóstico, no existen medidas fisiológicas del sistema auditivo que actualmente proporcionen información clínicamente útil en bebés y niños pequeños con TENA (Campbell et al., 2011). Por ejemplo, dado que los umbrales auditivos no se pueden obtener hasta que un niño es capaz de realizar tareas auditivas conductuales, como la audiometría por refuerzo visual, no se pueden adaptar audífonos ni se puede determinar la candidatura a

Enero-Febrero 2022 - número 1

recibir un implante coclear mediante los métodos establecidos actualmente. Además, debido a que los umbrales auditivos de los niños con TENA suelen fluctuar entre las sesiones de prueba, muchos audiólogos clínicos optan por posponer el tratamiento auditivo hasta que se pueda obtener un conjunto estable de umbrales. Por lo tanto, muchos niños con TENA reciben tratamiento mucho más tarde de lo que sería deseable (es decir, más allá del primer año de vida; Cardon et al., 2012; Cardon y Sharma, 2013; Sharma y Cardon, 2015; Sharma et al., 2011). Considerando los resultados del estudio actual y otros estudios recientes (p. ej., He et al., 2013), en los que los PEAC se emplearon con éxito en la estimación de umbrales auditivos específicamente en niños con TENA, es razonable suponer que estos métodos se podrían utilizar clínicamente para facilitar la intervención temprana en esta población.

Además, mientras que en el estudio actual solo se empleó el estímulo del habla /ba/ en niños con TENA, otros investigadores han notificado hallazgos con 250, 500, 2000 y 4000 Hz en varios niños con TENA (He et al., 2013). Estos investigadores indicaron que los umbrales mediante PEAC de 500 y 2000 Hz se encontraban individualmente dentro de los 10 dB de los umbrales conductuales para los mismos tonos. Además, se observó que los umbrales mediante PEAC de 250 y 4000 Hz eran 20-25 dB y 10-15 dB más altos que los umbrales auditivos conductuales. Por lo tanto, si bien se puede observar alguna variabilidad en la relación de los umbrales derivados de PEAC y los umbrales obtenidos conductualmente en las distintas frecuencias, parece que sigue existiendo un grado de acuerdo clínicamente razonable entre estos dos tipos de umbrales. Además, el estudio actual demuestra que el uso de un estímulo del habla (es decir, /ba/) para obtener los PEAC puede estimar con precisión los umbrales auditivos conductuales a través de un rango de frecuencias, en este caso 500-2000 Hz. Este hallazgo es congruente con otros estudios que aprovechan el contenido de frecuencias de varios estímulos diferentes del habla (p. ej., /m/, /g/, /t/) para estimar los umbrales mediante PEAC a través del rango de frecuencias del habla (véase un ejemplo en Van Dun et al.). Además, es probable que los pacientes con TENA tengan más problemas para procesar sonidos complejos en comparación con estímulos tonales, debido a la disincronía que subyace a su afección. Por lo tanto, sugerimos que la estimación del umbral mediante PEAC con un estímulo del habla puede ser beneficioso como manera de evaluar la interacción entre la codificación del habla en el sistema nervioso auditivo central y la intensidad del estímulo en esta población.

La investigación futura debe continuar para dilucidar los pormenores del uso de estímulos del habla en la estimación del umbral mediante PEAC.

En los hallazgos recientes se facilita evidencia de que la intervención temprana es necesaria en el caso de niños con TENA. Por ejemplo, Sharma et al. (2011) demostraron que niños con TENA, a los que se había equipado con audífonos en una etapa más temprana de la vida, también presentaban resultados más favorables en la madurez auditiva central y en el desarrollo de habilidades auditivas conductuales. Asimismo, Cardon y Sharma (2013) encontraron que los niños con TENA a los que se había equipado con implantes cocleares antes de los 2 años tenían más probabilidades de presentar un desarrollo cortical auditivo normal (es decir, resultados normales de PEAC P1) y un resultado funcional. Por lo tanto, parece que puede haber un periodo sensible para el tratamiento de niños con TENA. Puede no resultar ninguna sorpresa, dado que el desarrollo de la corteza auditiva depende en gran medida de la experiencia en la infancia y la primera infancia. Si los dispositivos de prótesis auditiva están restaurando o mejorando la sincronía del sistema auditivo, como se ha conjeturado, proporcionar esta estimulación superior en una etapa temprana de la vida probablemente sea vital para el éxito de los niños con TENA. Las técnicas de

Enero-Febrero 2022 - número 1

estimación del umbral mediante PEAC reflejan también la madurez de la corteza auditiva y, por lo tanto, representan un paso importante para poder facilitar una intervención temprana a pacientes pediátricos con TENA.

En varios estudios se ha demostrado que los umbrales auditivos no están asociados con los resultados conductuales (p. ej., percepción del habla, desarrollo de habilidades auditivas) en personas con TENA (Cardon y Sharma, 2013; Kraus et al., 2001; Rance et al., 2002; Sininger y Starr, 2001; Sharma et al., 2011; Zeng et al., 1999). Además, varios investigadores han presentado datos que muestran que los audífonos, que se configuran utilizando umbrales auditivos, no son el tratamiento óptimo para muchos pacientes con TENA (p. ej., Berlin, 1999; Hood, 1998). Por otra parte, en otros informes que se encuentran en la literatura se presentan hallazgos que respaldan el uso de audífonos en algunas personas con TENA (Berlin et al., 2010; Cardon y Sharma, 2011; Pearce et al., 2007; Rance et al., 1999, 2002; Sharma et al., 2011). En otras palabras, incluso si los umbrales auditivos se pudieran obtener con precisión, con nuestros conocimientos actuales no habría garantía en cuanto a la asociación entre resultados audiométricos y conductuales, o en cuanto al éxito con los dispositivos auditivos que requieren que estos umbrales se establezcan adecuadamente. Tomados en conjunto, estos datos apuntan al hecho de que existen numerosos interrogantes sobre los umbrales auditivos de personas con TENA que aún están pendientes de dilucidarse. Los estudios futuros se deben centrar en la evaluación de la eficacia de los umbrales auditivos obtenidos fisiológicamente (es decir, con los PEAC) para obtener la información necesaria para la intervención, como pronósticos, adaptación de audífonos y determinación de la candidatura a un implante coclear. Además, otros estudios se podrían centrar en la comprensión de las bases neurofisiológicas del umbral auditivo de las personas con TENA y cómo pueden diferir con respecto a las personas con audición normal e HNS.

Conclusiones

Realizamos una estimación del umbral mediante PEAC tanto en niños como en adultos con audición normal para 1 kHz y un estímulo del habla /ba/. Los resultados revelaron que, a medida que disminuía la intensidad de los estímulos, disminuían las amplitudes de los componentes de los PEAC, mientras que aumentaban las latencias. Además, a medida que el nivel de presentación de los estímulos se acercaba al umbral, los componentes de la onda de los PEAC desaparecían. El nivel más bajo en el que los componentes de la onda de los PEAC eran todavía claramente visibles (es decir, el umbral de los PEAC), en promedio, se encontraba a menos de 10 dB HL del umbral conductual de los participantes. Nuestros hallazgos también sugieren que los estímulos del habla que abarquen las frecuencias promedio de tonos puros pueden ser más precisos para estimar el umbral auditivo, especialmente en niños. Además, presentamos tres casos clínicos en los que se utilizó el estímulo del habla /ba/ para estimar el umbral auditivo: un paciente con HNS y dos pacientes con TENA. De acuerdo con nuestros hallazgos en adultos y niños con audición normal, los umbrales conductuales y mediante PEAC fueron comparables en estos casos clínicos. En conjunto, los resultados anteriores sugieren que los PEAC se pueden utilizar con éxito para estimar los umbrales auditivos tanto en personas con audición normal como en niños con diversos tipos de pérdida auditiva. Dado que no todos los pacientes se benefician de las pruebas de PEATC y PEAA, la estimación del umbral mediante PEAC podría ser una herramienta clínica viable y útil. Esta idea puede ser especialmente aplicable a la población pediátrica con TENA, para la que no existe ninguna manera de obtener información

Enero-Febrero 2022 - número 1

sobre umbrales auditivos en la infancia y la primera infancia. La capacidad de obtener umbrales auditivos utilizando PEAC en una etapa más temprana de la vida tiene el potencial de facilitar una intervención precoz a pacientes para los que no resulta posible con las herramientas clínicas actualmente disponibles.

Agradecimientos

Esta investigación recibió financiación de NIMH T32MH015442 y NIDCD F31 DC013218-01A1 otorgada a Garrett Cardon, y R01DC006257 otorgada a Anu Sharma.

Bibliografía

Audacity Team. (2013). *Audacity: Free audio editor and recorder* (Versión 2.0.3) [Programa informático]. Consultado en enero de 2013 en <http://audacity.sourceforge.net/>

Berlin, C. I. (1999). Auditory neuropathy: Using OAEs and ABRs from screening to management. *Seminars in Hearing*, 20(4), 307-314. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1082946>

Berlin, C. I., Hood, L. J., Morlet, T., Wilensky, D., Li, L., Mattingly, K. R., Taylor-Jeanfreau, J., Keats, B. J. B., St. John, P., Montgomery, E., Shallop, J. K., Russell, B. A. y Frisch, S. A. (2010). Multi-site diagnosis and management of 260 patients with auditory neuropathy/dys-synchrony (auditory neuropathy spectrum disorder). *International Journal of Audiology*, 49(1), 30-43. <https://doi.org/10.3109/14992020903160892>

Campbell, J., Cardon, G. y Sharma, A. (2011). Clinical application of the P1 cortical auditory evoked potential biomarker in children with sensorineural hearing loss and auditory neuropathy spectrum disorder. *Seminars in Hearing*, 32(2), 117-122. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1277236>

Cardon, G., Campbell, J. y Sharma, A. (2012). Plasticity in the developing auditory cortex: Evidence from children with sensorineural hearing loss and auditory neuropathy spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Audiology*, 23(6), 396-411. <https://doi.org/10.3766/jaaa.23.6.3>

Cardon, G. y Sharma, A. (2011). Cortical auditory evoked potentials in auditory neuropathy spectrum disorder: Clinical implications. *SIG 9 Perspectives on Hearing and Hearing Disorders in Children*, 21(1), 31-37. <https://doi.org/10.1044/hhdc21.1.31>

Cardon, G. y Sharma, A. (2013). Central auditory maturation and behavioral outcome in children with auditory neuropathy spectrum disorder who use cochlear implants. *International Journal of Audiology*, 52(9), 577-586. <https://doi.org/10.3109/14992027.2013.799786>

Carter, L., Golding, M., Dillon, H. y Seymour, J. (2010). The detection of infant cortical auditory evoked potentials (CAEPs) using statistical and visual detection techniques. *Journal of the American Academy of Audiology*, 21(5), 347-356. <https://doi.org/10.3766/jaaa.21.5.6>

Enero-Febrero 2022 - número 1

- Chang, H.-W., Dillon, H., Carter, L., van Dun, B. y Young, S.-T.** (2012). The relationship between cortical auditory evoked potential (CAEP) detection and estimated audibility in infants with sensorineural hearing loss. *International Journal of Audiology*, 51(9), 663-670.
<https://doi.org/10.3109/14992027.2012.690076>
- Cone, B. y Whitaker, R.** (2013). Dynamics of infant cortical auditory evoked potentials (CAEPs) for tone and speech tokens. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77(7), 1162-1173.
<https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2013.04.030>
- Cone-Wesson, B. y Wunderlich, J.** (2003). Auditory evoked potentials from the cortex: Audiology applications. *Current Opinion in Otolaryngology—Head & Neck Surgery*, 11(5), 372-377.
<https://doi.org/10.1097/00020840-200310000-00011>
- Coté, C. J., Wilson, S. y Work Group on Sedation.** (2006). Guidelines for monitoring and management of pediatric patients during and after sedation for diagnostic and therapeutic procedures: An update. *Pediatrics*, 118(6), 2587-2602. <https://doi.org/10.1542/peds.2006-2780>
- Davis, A. y Beagley, H.** (1985). Acoustic brainstem responses for clinical use: The effect of attention. *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences*, 10(6), 311-314.
<https://doi.org/10.1111/j1365-2273.1985.tb00262.x>
- Davis, H., Bowers, C. y Hirsh, S. K.** (1968). Relations of the human vertex potential to acoustic input: Loudness and masking. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 43(3), 431-438.
<https://doi.org/10.1121/1.1910849>
- Davis, H., Mast, T., Yoshie, N. y Zerlin, S.** (1966). The slow response of the human cortex to auditory stimuli: Recovery process. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 21(2), 105-113.
[https://doi.org/10.1016/0013-4694\(66\)90118-0](https://doi.org/10.1016/0013-4694(66)90118-0)
- Davis, H. y Zerlin, S.** (1966). Acoustic relations of the human vertex potential. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 39(1), 109-116. <https://doi.org/10.1121/1.1909858>
- Eggermont, J.** (2000). Sound-induced synchronization of neural activity between and within three auditory cortical areas. *Journal of Neurophysiology*, 83, 2708-2722. <https://doi.org/10.1152/jn.2000.83.5.2708>
- Elberling, C. y Don, M.** (1987). Threshold characteristics of the human auditory brainstem response. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 81(1), 115. <https://doi.org/10.1121/1.395019>
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A. y Lang, A.-G.** (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41, 1149-1160.
<https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G. y Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175-191.
<https://doi.org/10.3758/BF03193146>

Enero-Febrero 2022 - número 1

- Francois, M., Teissier, N., Barthod, G. y Nasra, Y.** (2012). Sedation for children 2 to 5 years of age undergoing auditory brainstem response and auditory steady state responses recordings. *International Journal of Audiology*, 51(4), 282-286. <https://doi.org/10.3109/14992027.2011.601469>
- Fratalli, M., Sataloff, R. T., Hirshout, D., Sokolow, C., Hills, J. y Spiegel, J.** (1995). Audiogram construction using frequency-specific auditory brainstem response (ABR) thresholds. *Ear, Nose & Throat Journal*, 74(10), 691-700. <https://doi.org/10.1177/014556139507401007>
- Garinis, A. C. y Cone-Wesson, B. K.** (2007). Effects of stimulus level on cortical auditory event-related potentials evoked by speech. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18(2), 197-116. <https://doi.org/10.3766/jaaa.18.2.3>
- Gilley, P., Sharma, A., Dorman, M. y Martin, K.** (2005). Developmental changes in refractoriness of the cortical auditory evoked potential. *Clinical Neurophysiology*, 116(3), 648-657. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.09.009>
- Hayes, D. y Jerger, J.** (1982). Auditory brainstem response (ABR) to tone-pips: Results in normal and hearing-impaired subjects. *Scandinavian Audiology*, 11(3), 133-142. <https://doi.org/10.3109/01050398209076210>
- He, S., Teagle, H., Roush, P., Grose, J. y Buchman, C.** (2013). Objective hearing threshold estimation in children with auditory neuropathy spectrum disorder. *The Laryngoscope*, 123(11), 2859-2861. <https://doi.org/10.1002/lary.24137>
- Hone, S. W., Norman, G., Keogh, I. y Kelly, V.** (2003). The use of cortical evoked response audiometry in the assessment of noise-induced hearing loss. *Otolaryngology—Head & Neck Surgery*, 128(2), 257-262. <https://doi.org/10.1067/mhn.2003.79>
- Hood, L.** (1998). Auditory neuropathy: What is it and what can we do about it? *The Hearing Journal*, 51(8), 10-18. <https://doi.org/10.1097/00025572-199808000-00001>
- Hyde, M.** (1997). The N1 response and its applications. *Audiology and Neuro-otology*, 2(5), 281-307. <https://doi.org/10.1159/000259253>
- Katz, J.** (2002). *Handbook of clinical audiology* (5^a ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Kraus, N., Bradlow, A., Chetham, M., Cunningham, J., King, C., Koch, D., Nicol, T., McGee, T. J., Stein, L. K. y Wright, B. A.** (2001). Consequences of a neural asynchrony: A case of auditory neuropathy. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 1, 33-45. <https://doi.org/10.1007/s101620010004>
- Lalayants, M., Brazhkina, N., Geptner, E., Kruglov, A., Barriyak, V. y Tavartkiladze, G.** (2018). Auditory evoked potentials in children with auditory neuropathy spectrum disorder. *Vestnik Otorinolaringologii*, 83(4), 15-20. <https://doi.org/10.17116/otorino201883415>
- Lightfoot, G.** (2016). Summary of the N1-P2 cortical auditory evoked potential to estimate the Auditory

Enero-Febrero 2022 - número 1

threshold in adults. *Seminars in Hearing*, 37(1), 1-8. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1570334>

Lightfoot, G. y Kennedy, V. (2006). Cortical electric response audiometry hearing threshold estimation: Accuracy, speed, and the effects of stimulus presentation features. *Ear & Hearing*, 27(5), 443-456. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000233902.53432.48>

Oliveira, L., Didone, D. y Durante, A. (2019). Automated cortical auditory evoked potentials threshold estimation in neonates. *Brazilian Journal Otorhinolaryngology*, 85(2), 206-212. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.01.001>

Parving, A., Elberling, C. y Salomon, G. (1981). Slow cortical responses and the diagnosis of central hearing loss in infants and young children. *Audiology*, 20(6), 564-479. <https://doi.org/10.3109/00206098109072715>

Pearce, W., Golding, M. y Dillon, H. (2007). Cortical auditory evoked potentials in the assessment of auditory neuropathy: Two cases. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18(05), 380-390. <https://doi.org/10.3766/jaaa.18.5.3>

Picton, T. W. y Smith, A. D. (1978). The practice of evoked potential audiometry. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 11(2), 263-282. [https://doi.org/10.1016/S0030-6665\(20\)32540-8](https://doi.org/10.1016/S0030-6665(20)32540-8)

Ponton, C. W., Eggermont, J. J., Kwong, B. y Don, M. (2000). Maturation of human central auditory system activity: Evidence from multi-channel evoked potentials. *Clinical Neurophysiology*, 111(2), 220-236. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00236-9](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00236-9)

Prasher, D., Mula, M. y Luxon, L. (1993). Cortical evoked potential criteria in the objective assessment of auditory threshold: a comparison of noise induced hearing loss with Meniere's disease. *The Journal of Otolaryngology and Otology*, 107(9), 780-786. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00236-9](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00236-9)

Punch, S., Van Dun, B., King, A., Carter, L. y Pearce, W. (2016). Clinical experience of using cortical auditory evoked potentials in the treatment of infant hearing loss in Australia. *Seminars in Hearing*, 37(1), 36-52. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1570331>

Purdy, S. C., Sharma, M., Munro, K. J. y Morgan, C. L. (2013). Stimulus level effects on speech-evoked obligatory cortical auditory evoked potentials in infants with normal hearing. *Clinical Neurophysiology*, 124(3), 474-480. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2012.09.011>

Rance, G., Beer, D., Cone-Wesson, B., Shepherd, R., Dowell, R., King, A., Field, R. y Graeme, C. (1999). Clinical findings for a group of infants and young children with auditory neuropathy. *Ear and Hearing*, 20(3), 238-252. <https://doi.org/10.1097/00003446-199906000-00006>

Rance, G., Cone-Wesson, B., Wunderlich, J. y Dowell, R. (2002). Speech perception and cortical event related potentials in children with auditory neuropathy. *Ear and Hearing*, 23(3), 239-253. <https://doi.org/10.1097/00003446-200206000-00008>

Enero-Febrero 2022 - número 1

- Rance, G., Roper, R., Symons, L., Moody, L., Poulis, C., Dourlay, M. y Therese, K.** (2005). Hearing threshold estimation in infants using auditory steady-state responses. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(5), 291-300. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16.5.4>
- Reich, D. y Wiatrak, B.** (1996). Methods of sedation for auditory brainstem response testing. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 38(2), 131-141. [https://doi.org/10.1016/S0165-5876\(96\)01432-2](https://doi.org/10.1016/S0165-5876(96)01432-2)
- Sharma, A. y Cardon, G.** (2015). Cortical development and neuroplasticity in auditory neuropathy spectrum disorder. *Hearing Research*, 330(Pt. B), 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.06.001>
- Sharma, A., Cardon, G., Henion, K. y Roland, P.** (2011). Cortical maturation and behavioral outcomes in children with auditory neuropathy spectrum disorder. *International Journal of Audiology*, 50(2), 98-106. <https://doi.org/10.3109/14992027.2010.542492>
- Sharma, A., Dorman, M. y Spahr, A.** (2002a). A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: Implications for age of implantation. *Ear and Hearing*, 23(6), 532-539. <https://doi.org/10.1097/00003446-200212000-00004>
- Sharma, A., Dorman, M. y Spahr, A.** (2002b). Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation. *NeuroReport*, 13(10), 1365-1368. <https://doi.org/10.1097/00001756-200207190-00030>
- Sharma, A., Kraus, N., McGee, T. y Nicol, T.** (1997). Developmental changes in P1 & N1 auditory responses elicited by consonant-vowel syllables. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 104(6), 540-545. [https://doi.org/10.1016/S0168-5597\(97\)00050-6](https://doi.org/10.1016/S0168-5597(97)00050-6)
- Sharma, A., Martin, K., Roland, P., Bauer, P., Sweeney, M., Gilley, P. y Dorman, M.** (2005). P1 latency is a biomarker for central auditory development in children with hearing impairment. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(8), 564-573. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16.8.5>
- Sininger, Y. S., Hunter, L. L., Hayes, D., Roush, P. A. y Uhler, K. M.** (2018). Evaluation of speed and accuracy of next-generation auditory steady state response and auditory brainstem response audiometry in children with normal hearing and hearing loss. *Ear and Hearing*, 39(6), 1207-1223. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000580>
- Sininger, Y. S. y Starr, A.** (2001). Auditory neuropathy: A new perspective on hearing disorders. Singular.
- Stapells, D.** (2000). Threshold estimation by the tone-evoked auditory brainstem response: A literature meta-analysis. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 24, 74-83.
- Stapells, D., Gravel, J. y Martin, B.** (1995). Thresholds for auditory brain stem responses to tones in notched noise from infants and young children with normal hearing or sensorineural hearing loss. *Ear and Hearing*, 16(4), 361-371. <https://doi.org/10.1097/00003446-199508000-00003>
- Starr, A., Picton, T. W., Sininger, Y., Hood, L. J. y Berlin, C. I.** (1996). Auditory neuropathy. *Brain*,

Enero-Febrero 2022 - número 1

119(3), 741-753. <https://doi.org/10.1093/brain/119.3.741>

Starr, A., Picton, T. W. y Kim, R. (2001). Pathophysiology of auditory neuropathy. En Y. Sininger & A. Starr (Eds.), *Auditory neuropathy: A new perspective on hearing disorders* (pág. 67-82). Singular.

Tsui, B., Wong, L. L. N. y Wong, E. C. M. (2002). Accuracy of cortical evoked response audiometry in the identification of non-organic hearing loss. *International Journal of Audiology*, 41(6), 330-333.

<https://doi.org/10.3109/14992020209090407>

Van Dun, B., Carter, L. y Dillon, H. (2012). Sensitivity of cortical auditory evoked potential detection for hearing-impaired infants in response to short speech sounds. *Audiology Research*, 2(1), e13.

<https://doi.org/10.4081/audiores.2012.e13>

Van Dun, B., Dillon, H. y Seeto, M. (2015). Estimating hearing thresholds in hearing-impaired adults through objective detection of cortical auditory evoked potentials. *Journal of the American Academy of Audiology*, 26(4), 370-383. <https://doi.org/10.3766/jaaa.26.4.5>

Van Dun, B., Kania, A. y Dillon, H. (2016). Cortical auditory evoked potentials in (un)aided normal-hearing and hearing-impaired adults. *Seminars in Hearing*, 37(1), 9-24.

<https://doi.org/10.1055/s-0035-1570333>

Visram, A. S., Innes-Brown, H., El-Deredy, W. y McKay, C. M. (2015). Cortical auditory evoked potentials as an objective measure of behavioral thresholds in cochlear implant users. *Hearing Research*, 327, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.04.012>

Werner, L., Folsom, R. y Rickard Mancl, L. (1993). The relationship between auditory brainstem response and behavioral thresholds in normal hearing infants and adults. *Hearing Research*, 68(1), 131-141. [https://doi.org/10.1016/0378-5955\(93\)90071-8](https://doi.org/10.1016/0378-5955(93)90071-8)

Werner, L., Folsom, R. y Rickard Mancl, L. (1994). The relationship between auditory brainstem response latencies and behavioral thresholds in normal hearing infants and adults. *Hearing Research*, 77(1-2), 88-98. [https://doi.org/10.1016/0378-5955\(94\)90256-9](https://doi.org/10.1016/0378-5955(94)90256-9)

Zeng, F. G., Oba, S., Garde, S., Sininger, Y. y Starr, A. (1999). Temporal and speech processing deficits in auditory neuropathy. *NeuroReport*, 10(16), 3429-3435.

<https://doi.org/10.1097/00001756-199911080-00031>

Traducido con autorización del artículo "Correlatos neurofisiológicos corticales del umbral auditivo en adultos y niños con audición normal y con trastorno del espectro de la neuropata auditiva", por Garret Cardon y Anu Sharma (*American Journal of Audiology*, vol. 30, 28-42, Marzo 2021, http://pubs.asha.org/pubd/rights_and_permissions). Este material ha sido originalmente desarrollado y es propiedad de la American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, MD, U.S.A., www.asha.org. Todos los derechos reservados. La calidad y precisión de la traducción es únicamente responsabilidad de AG BELL INTERNATIONAL.

Enero-Febrero 2022 - número 1

La American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) no justifica o garantiza la precisión, la totalidad, la disponibilidad, el uso comercial, la adecuación a un objetivo particular o que no se infringe el contenido de este artículo y renuncia a cualquier responsabilidad directa o indirecta, especial, incidental, punitiva o daños consecuentes que puedan surgir del uso o de la imposibilidad de usar el contenido de este artículo.

Translated, with permission, from “Cortical Neurophysiologic Correlates of Auditory Threshold in Adults and Children with normal hearing and Auditory Neuropathy Spectrum Disorder”, by Garret Cardon and Anu Sharma (American Journal of Audiology, vol. 30, 28-42, March 2021, http://pubs.asha.org/pubd/rights_and_permissions). This material was originally developed and is copyrighted by the American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, MD, U.S.A., www.asha.org. All rights are reserved. Accuracy and appropriateness of the translation are the sole responsibility of AG BELL INTERNATIONAL.

The American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) does not warrant or guarantee the accuracy, completeness, availability, merchantability, fitness for a particular purpose, or noninfringement of the content of this article and disclaims responsibility for any damages arising out of its use. Description of or reference to products or publications in this article, neither constitutes nor implies a guarantee, endorsement, or support of claims made of that product, publication, or service. In no event shall ASHA be liable for any indirect, special, incidental, punitive, or consequential damages arising out of the use of or the inability to use the article content.

Seguimiento de la pérdida auditiva en pacientes afectados por el Zika

Ruth S. Marin

Clínica en el área de Washington, D.C.

Irene A. Sideris

Audióloga en el Children’s National Medical Center de Washington, D.C., y profesora clínica adjunta de pediatría en la George Washington University School of Medicine and Health Sciences.

Dado que la pérdida auditiva es un efecto conocido del virus del Zika, en las directrices recientes se indica un calendario de evaluaciones auditivas e intervención.

Si bien el virus del Zika parece haber desaparecido de los titulares, ahora dominados por la COVID-19, todavía sigue presente y es probable que sus efectos se observen en las consultas de los audiólogos.

Las investigaciones vinculan el virus del Zika con pérdida auditiva transitoria en adultos y con pérdida auditiva congénita y de posible aparición tardía (entre otras alteraciones del desarrollo) en recién nacidos (véanse las fuentes). De hecho, las nuevas directrices sobre el cribado auditivo neonatal del JCIH (Comité

Enero-Febrero 2022 - número 1

Conjunto de Audición Infantil Estadounidense) incluyen actualmente al Zika como un factor de riesgo de pérdida auditiva (véanse las fuentes).

Considerando estos efectos conocidos sobre la audición, además de una mayor probabilidad de que acudan pacientes afectados por el Zika a las consultas médicas, el JCIH, los CDC (Centros Estadounidenses para el Control y la Prevención de Enfermedades) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han recomendado protocolos y plazos para la evaluación y el seguimiento de estos pacientes (véanse las fuentes).

Origen y propagación mundial

El virus del Zika es una infección transmitida por mosquitos, que se identificó en África en la década de 1940. En 2015, el virus llegó a Brasil y a otros países de Sudamérica y Centroamérica y se relacionó con una alta incidencia de defectos congénitos, incluida la microcefalia. Aunque la OMS declaró recientemente el fin de la emergencia del Zika, continúan apareciendo nuevos casos, si bien a un ritmo más lento, por lo que la OMS recomienda vigilancia y programas de cribado (véanse las fuentes).

Muchos adultos infectados con el virus del Zika son asintomáticos, mientras que otros pueden experimentar síntomas leves, similares a los de otros virus transmitidos por mosquitos o infecciones de gripe. El Zika se puede transmitir durante el contacto sexual y pasar de una mujer embarazada al feto en desarrollo. Todavía no existe una vacuna para prevenir el Zika.

La infección por Zika adquirida y congénita puede ocasionar problemas de salud importantes, incluido el síndrome de Guillain-Barré y la pérdida auditiva neurosensorial transitoria (véanse las fuentes). Los audiólogos deben considerar esta asociación cuando trabajen con adultos que presenten una pérdida auditiva transitoria inusual.

Efectos en la salud auditiva infantil

En términos más generales, aproximadamente el 5-10% de los bebés nacidos de madres positivas al Zika se verán afectados negativamente (véanse las fuentes). Los cinco defectos congénitos principales identificados son microcefalia, atrofia cerebral, daños en la retina, contracturas (incluido el pie zambo) e hipertonicidad. Entre los problemas asociados con estos defectos congénitos se encuentran el retraso en el desarrollo, la pérdida de audición, la pérdida de visión y un mayor riesgo de epilepsia.

Los CDC disponen de un sistema de vigilancia de defectos congénitos del Zika para rastrear estos problemas asociados y sus efectos en el desarrollo. Este recurso puede ser especialmente útil para los terapeutas de atención temprana, que desempeñan un papel importante en la (re)habilitación.

Aunque limitada, la investigación sobre la pérdida auditiva relacionada con el Zika es significativa. En un estudio se estimó que el 7% de los bebés con Zika congénito presentan pérdida auditiva; en otro estudio se encontró que, entre los niños con microcefalia grave, el 10% tenía pérdida auditiva (véanse las fuentes). Estos hallazgos concuerdan con las estimaciones de la pérdida auditiva causadas por otras infecciones virales congénitas, como el citomegalovirus (CMV).

Todavía se desconoce si el Zika puede provocar una pérdida auditiva progresiva o de aparición tardía,

Enero-Febrero 2022 - número 1

como ocurre con otras infecciones congénitas (como la sífilis congénita y el CMVc). Sin embargo, en una revisión de la literatura reciente se indica que la pérdida auditiva asociada con el Zika se suele notificar en niños mayores de 1 año, lo que, asumiendo que se les realizó el cribado neonatal, sugiere una posible aparición tardía y la correspondiente necesidad de realizar una supervisión continua (véanse las fuentes).

Además, en el estudio ZODIAC (Resultados del Zika y desarrollo en bebés y niños, por sus siglas en inglés), estudio de niños nacidos durante el brote de 2015–2016 realizado en el norte de Brasil, se encontró que el 68% presentaba algún grado de pérdida auditiva, porcentaje mucho más elevado que en las estimaciones anteriores (véanse las fuentes). En el estudio también se detectó que el 47% de los niños afectados tenía dificultades de alimentación, el 79% presentaba un trastorno motor grave y el 58% tenía discapacidad visual.

Directrices para pruebas y seguimiento

A partir de 2019, el Zika se incluyó como un factor de riesgo de pérdida auditiva en el cribado auditivo neonatal. Tanto los CDC como el JCIH recomiendan que se realice a los bebés con Zika confirmado unos potenciales auditivos automáticos de tronco cerebral (PEATC-a) al mes de vida, independientemente de los resultados anteriores y de la presencia de otros hallazgos de Zika. Además, incluso si los bebés positivos al Zika superan la evaluación inicial de los PEATC-a, los CDC y el JCIH recomiendan que se realice a estos niños otra prueba de PEATC a los 4-6 meses.

Si esta prueba no se realiza en bebés sin otros síntomas, se les debe realizar una audiometría por refuerzo visual (ARV) a los 9 meses. A partir de entonces, el seguimiento audiológico debe seguir el programa de periodicidad de 2017 de la Academia Americana de Pediatría para evaluar a los bebés con factores de riesgo de pérdida auditiva (véanse las fuentes).

Además, los CDC han facilitado orientación a los profesionales que tratan a bebés en las siguientes tres categorías:

- Bebés con síndrome congénito del virus del Zika (presentan al menos una de las características identificadoras).
- Bebés con el virus congénito del Zika asintomáticos.
- Bebés expuestos durante la gestación, pero con resultados negativos en las pruebas.

Los CDC ofrecen un esquema visual para evaluar la audición y el desarrollo de los bebés de las dos primeras categorías ([Roadmap for Babies with Congenital Zika infection \(cdc.gov\)](https://www.cdc.gov/zika/roadmap-for-babies-with-congenital-zika-infection)). Los bebés del primer grupo son los más afectados desde el punto de vista médico y necesitan un equipo multidisciplinario (pediatra, neurólogo, oftalmólogo, audiólogo y especialista en intervención temprana) para su evaluación y tratamiento. El seguimiento de los bebés del tercer grupo se puede realizar según sea necesario, en función de los síntomas o la preocupación de los padres/pediatras.

Estas recomendaciones pueden ayudar a los audiólogos a realizar derivaciones adecuadas según sea necesario. El personal clínico debe seguir los protocolos recomendados por los CDC y el JCIH en la evaluación e informar de los casos sospechosos a los CDC.

Enero-Febrero 2022 - número 1

Bibliografía

- Adebanjo, T., Godfred-Cato, S., Viens, L., Fischer, M., Staples, J. E., Kuhnert-Tallman, W., ... Moore, C. A.** (2017). Update: Interim guidance for the diagnosis, evaluation, and management of infants with possible congenital Zika virus infection—United States, October 2017. *MMWR and Morbidity and Mortality Weekly Report*, 66, 1089–1099.
- Centers for Disease Control and Prevention.** (2018). CDC Zika birth defects surveillance. Retrieved from <https://www.cdc.gov/pregnancy/zika/research/birth-defects.html>
- Centers for Disease Control and Prevention.** (2018). CDC reports increase in birth defects potentially related to Zika in US areas with local transmission. Retrieved from <https://www.cdc.gov/pregnancy/zika/research/birth-defects.html>
- Centers for Disease Control and Prevention.** (2017). CDC Zika virus symptoms. Retrieved from <https://www.cdc.gov/zika/symptoms/symptoms.html>
- Centers for Disease Control and Prevention.** (2018). CDC Zika Virus. Retrieved from <https://www.cdc.gov/zika/index.html>
- Centers for Disease Control and Prevention.** (2018). *Pregnant women with any laboratory evidence of possible Zika Virus infection, 2015–2018*. Retrieved from https://stacks.cdc.gov/view/cdc/58157/cdc_58157_DS1.pdf
- Centers for Disease Control and Prevention.** (2018). CDC Zika virus health effects and risks. Retrieved from https://www.cdc.gov/zika/healtheffects/birth_defects.html
- Leal, M. C., Muniz, L. F., Ferreira, T. S. A., Santos, C. M., Almeida, L. C., Van der Linden, V., ... Nelo, S. S. C.** (2016). Hearing loss in infants with microcephaly and evidence of congenital Zika virus infections—Brazil, November 2015–May 2016. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 65(34), 917–919.
- Mayo Clinic.** *Zika Virus Disease*. Retrieved from <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/zika-virus/symptoms-causes/syc-20353639>
- Microcephaly Epidemic Research Group.** (2016). Microcephaly in infants, Pernambuco State, Brazil, 2015. *Emerging Infectious Diseases*, 22(6), 1090–1093.
- Rice, M. E., Galang, R. R., Roth, N. M., Ellington, S. R., Moore, C. A., Valencia-Prado, M., ... Honein, M. A.** (2018). Vital signs: Zika-associated birth defects and neurodevelopmental abnormalities possibly associated with congenital Zika virus infection—U.S. territories and freely associated states. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 67(31), 858–867.
- Russell, K., Oliver, S. E., Lewis, L., Barfield, W.D., Cragan, J., Meaney-Delman, D., ... Rasmussen, S. A.** (2016). Update: Interim guidance for the evaluation and management of infants with possible congenital Zika virus infection—United States. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 65(33), 870–878.

Enero-Febrero 2022 - número 1

Satterfield-Nash, A., Kotzky, K., Allen, J., Bertolli, J., Moore, C. A., Pereira, I. O., ... Peacock, G. (2017). Health and development at age 19–24 months of 19 children who were born with microcephaly and laboratory evidence of congenital Zika virus infection during the 2015 Zika virus outbreak–Brazil, 2017. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 66(49), 1347–1351.

Vinhaes, E. S., Santos, L. A., Dias, L., Andrade, N. A., Bezerra, V. H., De Carvalho, A. T., ... Boaventura, V. S. (2017). Transient hearing loss in adults associated with Zika virus infection. *Clinical Infectious Diseases*, 64(5), 675–677.

World Health Organization. (2016). *WHO's response to Zika and its associated complications*. Retrieved from <http://www.who.int/emergencies/zika-virus-tmp/response-zika-2017.pdf?ua=1>

World Health Organization. (2016). *WHO statement on the first meeting of the International Health Regulations (2005) (IHR 2005) Emergency Committee on Zika virus and observed increase in neurological disorders and neonatal malformations*. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/news/statements/2016/1st-emergency-committee-zika/en/>

World Health Organization. (2018). *WHO Zika Virus classification table*. Retrieved from <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/260419/zika-classification-15Feb18-eng.pdf;jsessionid=CCC14E851A19C1A879E7D9D1FB496592?sequence=1>

World Health Organization. *WHO Zika Virus disease epidemiology update*. Retrieved from <https://www.who.int/emergencies/diseases/zika/en/>

Este artículo se publicó en THE ASHA LEADER en Enero-Febrero 2021.