

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

- Umbrales audiométricos: consideraciones sobre estímulos en campo libre y con auriculares, por Linda W. Norrix y Alora Andersons.- Origen embriológico de la hipoacusia, por Kelley M. Dodson.

### **Umbrales audiométricos: consideraciones sobre estímulos en campo libre y con auriculares**

*Linda W. Norrix y Alora Andersons.*  
Universidad de Arizona, Tucson

**Objetivo:** En este estudio se evalúa un nuevo estímulo, el Fresh Noise (Frequency Specific Hearing assessment noise) o ruido específico en frecuencia, con el fin de obtener los umbrales de audición y se examinan los posibles riesgos de utilizar ruido de banda estrecha.

**Método:** Los participantes fueron doce adultos con pérdida auditiva con caída gradual simulada y 12 adultos con pérdida auditiva con pendiente pronunciada. Los umbrales de audición se midieron en campo libre y con un auricular supraaural con Fresh Noise, tono warble y ruido de banda estrecha. Los umbrales con tonos puros también se midieron usando el auricular supraaural.

**Resultados:** Los umbrales de Fresh Noise fueron similares a los umbrales de tonos puros y tonos warble, independientemente de la configuración audiométrica. En el caso del grupo con hipoacusia de pendiente gradual, los umbrales obtenidos con ruido de banda estrecha fueron aproximadamente 4 dB superiores a los obtenidos con el resto de los estímulos de prueba. En el caso del grupo con hipoacusia de pendiente pronunciada, el ruido de banda estrecha subestimó significativamente los umbrales de audición, siendo mayor la subestimación cuanto más pronunciada era la pendiente de la hipoacusia.

**Conclusiones:** Cuando se sospeche una hipoacusia, el Fresh Noise es apropiado para determinar con precisión los umbrales audiométricos en campo libre y con auriculares. En una banda más ancha, un estímulo para captar la atención como el ruido de banda estrecha, puede dar lugar a unos umbrales erróneos. Se exponen cuestiones acerca de la toma de decisiones clínicas sobre la elección del estímulo en la evaluación.

Una decisión que un audiólogo debe tomar a la hora de evaluar la audición mediante pruebas conductuales es el tipo de estímulo que se utilizará en la determinación de los umbrales. Si bien los tonos puros son los estímulos estándar utilizados para evaluar la audición en adultos, normalmente con auriculares, no son los estímulos adecuados para realizar pruebas a bebés por varios motivos. En primer lugar, los estímulos con anchos de banda más amplios, en lugar de tonos puros, son capaces de atraer y mantener la atención de los bebés (Gravel, 2000; Madell, 2014; Thompson y Thompson, 1972). En segundo lugar, la prueba se realiza a menudo en campo libre (CL). En CL, los tonos puros pueden crear ondas estacionarias que pueden

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

potencialmente modificar el nivel de presión acústica en el oído (Walker, Dillon y Byrne, 1984), lo que se traduce en medidas de umbrales erróneas. Para evitar las ondas estacionarias en CL, en las pruebas se ha utilizado normalmente el ruido de banda estrecha (NBN narrow band noise) y los tonos warble como estímulos típicos.

En una serie de estudios se han comparado los umbrales utilizando NBN y/o tonos warble frente a los obtenidos utilizando tonos puros. Los investigadores han encontrado umbrales comparables entre tonos warble y tonos puros en adultos y niños con una audición normal (Dockum y Robinson, 1975; Orchik y Rintelmann, 1978; Robinson y Vaughn, 1976; Staab y Rintelmann, 1972). En una línea similar, se han detectado umbrales comparables obtenidos con NBN y tonos puros en adultos con audición normal (Simon y Northern, 1966) y en niños con configuraciones de hipoacusia planas (Gengel, Pascoe y Shore, 1971). Sin embargo, las pruebas realizadas con estímulos que tienen amplios anchos de banda pueden dar lugar a una subestimación de los umbrales auditivos cuando la persona muestra una hipoacusia con pendiente pronunciada, debido a que parte de la energía del estímulo en la supuesta frecuencia de la prueba se puede encontrar en las regiones con mejor audición (Orchik y Mosher, 1975; Stephens y Rintelmann, 1978). De estos estudios se desprende que, cuando un bebé o un niño pequeño muestra una hipoacusia de pendiente pronunciada (una información que no suele estar disponible antes de las pruebas), se necesitan estímulos específicos o estímulos de anchos de banda estrechos para evitar la identificación errónea del grado de hipoacusia. En un intento por retener los atributos del NBN para captar la atención y las características específicas de frecuencia de los tonos puros, se ha desarrollado recientemente un nuevo estímulo denominado Fresh Noise (Frequency Specific Hearing assessment) en el que se utilizan filtros con tasas de rechazo fuera de banda (Lantz, s.f.).

El objetivo de este estudio era evaluar la efectividad del Fresh Noise, en comparación con el NBN y los tonos warble, para obtener umbrales específicos en frecuencia. Los umbrales se obtuvieron con un auricular supraaural, para poder con los umbrales de referencia obtenidos utilizando tonos puros. También se obtuvieron en CL, dado que los clínicos muestran una mayor tendencia a utilizar los estímulos de banda limitada en CL en comparación con las evaluaciones con auricular. En la inscripción de participantes se optó por personas adultas, en lugar de bebés o niños pequeños, con el fin de poder utilizar procedimientos de audiometría convencionales (p. ej., presión de un botón al detectar el estímulo). Se prevé que los resultados se puedan generalizar a clientes de cualquier edad, si bien no se evalúan las propiedades para captar la atención de ningún estímulo para la población pediátrica. En el experimento I se inscribieron adultos con una audición normal. La hipoacusia de pendiente gradual se simuló utilizando un tapón de espuma. En el experimento II se inscribieron adultos con una hipoacusia de pendiente pronunciada. El departamento de Ciencias Sociales y Conductuales del Programa de Protección de Sujetos Humanos de la Universidad de Arizona revisó y aprobó este trabajo de investigación. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos.

### Método general

#### Sujetos:

Un total de 24 adultos participaron bien en el Experimento I (grupo con hipoacusia simulada) o en el Experimento II (grupo con hipoacusia real). Todos los adultos presentaban conductos auditivos despejados,

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

tal como se observó mediante una otoscopia. Los umbrales de tonos puros se determinaron para las frecuencias octavas entre 0,5 y 8,0 kHz, y se incluyeron las frecuencias interoctavas de 1,5, 3,0 y 6,0 kHz.

### Procedimiento

Se obtuvieron los umbrales para tonos puros, NBN, tonos warble y Fresh Noise para cada sujeto en tres condiciones de prueba:

- Condición 1: umbrales de tonos puros con un auricular supraaural
- Condición 2: umbrales de NBN, tonos warble y Fresh Noise en CL (acimut de 90°)
- Condición 3: umbrales de NBN, tonos warble y Fresh Noise con un auricular supraaural TDH 39

La Condición 1 se realizó en primer lugar para todos los sujetos. El orden de presentación de las Condiciones 2 y 3, así como el orden de presentación de los estímulos (p. ej., NBN, tonos warble, Fresh Noise), fueron aleatorios para cada sujeto.

Todas las pruebas se realizaron en una cabina insonorizada de doble pared, calibrada de acuerdo con las especificaciones ANSI S3.6-2010 en CL o con un auricular supraaural. Para las pruebas, únicamente se utilizaron el auricular supraaural derecho y el altavoz derecho del CL. Para aislar el oído sometido a prueba del oído no sometido a prueba en CL, se colocó un atenuador de espuma (DeciDamp2 Earplug) en el conducto auditivo y una orejera en el oído no sometido a prueba. Se obtuvieron los umbrales utilizando la técnica de Hughson-Westlake modificada y ascendente, tal como la describen Carhart y Jerger (1959), en el siguiente orden de frecuencias: 1,5, 2,0, 3,0, 4,0, 6,0, 8,0, 1,0 y 0,5 kHz. Todos los estímulos se presentaron no pulsados con una duración de 1-2 s. El intervalo entre las presentaciones de estímulos sucesivas variaba, no siendo nunca más breve que el del estímulo de la prueba.

### Estímulos

Los estímulos utilizados en este estudio se generaron mediante el audiómetro Madsen Astera (GN Otometrics). Los tonos warble se generaron utilizando la configuración predeterminada (tasa de modulación de 5 Hz y profundidad de modulación del 5%). Lantz (s.f.) describe el NBN como si tuviera un filtro de pendiente de 12 dB/octava, mientras que el Fresh Noise está diseñado para tener un filtro con pendiente de 100 dB/octava.

Las mediciones de cada estímulo se realizaron colocando el auricular supraaural en un acoplador Larson Davis AEC100 conectado a un medidor de nivel acústico 824 Larson Davis (Depew, NY). Las mediciones de 1/3 de octava de banda para los estímulos centrados en 2,0 kHz se muestran en la Figura 1. Las mediciones del nivel acústico de los tonos warble y Fresh Noise fueron muy similares, en términos de propagación de la energía, a las de las frecuencias vecinas. Por el contrario, el NBN mostró una propagación de energía en un rango de frecuencias adyacentes.

### Experimento I

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

### Sujetos:

Participaron doce adultos con audición normal y edades comprendidas entre 19 y 56 años ( $M = 29$ ,  $DT = 9,7$ ). La audición normal se definió como la presentación de umbrales de tonos puros de conducción aérea de 25 dB HL o superiores para todas las frecuencias de la prueba.

### Método

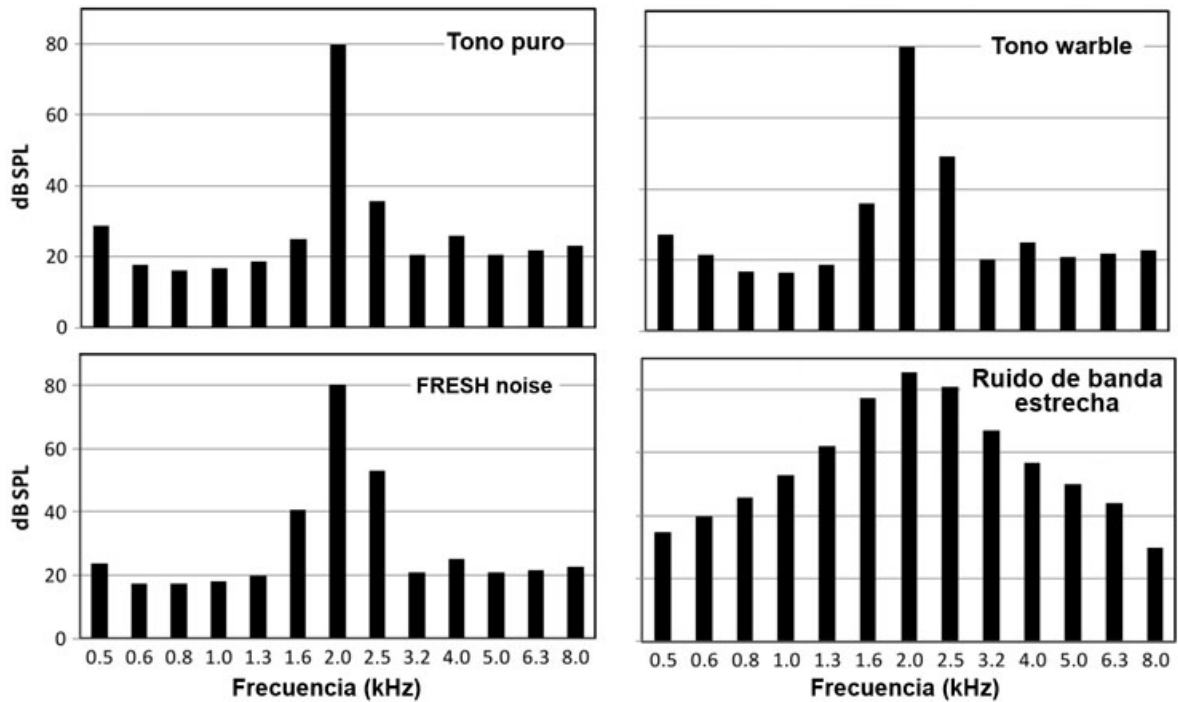
Para simular la hipoacusia, se colocó un atenuador de espuma en el oído sometido a prueba de cada sujeto para las Condiciones 1, 2 y 3. El atenuador se utilizó también para evitar un efecto suelo en CL durante la Condición 2.

### Resultados

En la Figura 2 (panel izquierdo) se muestran los umbrales medios obtenidos con el auricular supraaural para los cuatro estímulos de prueba diferentes (Condiciones 1 y 2). Los umbrales de tonos puros medios obtenidos con el auricular supraaural y el atenuador de espuma colocado en el conducto auditivo de cada sujeto mostraron una configuración audiométrica de pendiente gradual, en la que los umbrales oscilaban entre 27 dB HL a 0,50 kHz y 54 dB HL a 8,0 kHz. En el caso de la mayoría de los sujetos, el cambio en el umbral entre frecuencias octavas fue de 15 dB o inferior. Un sujeto presentó una diferencia de 20 dB en el umbral entre 4,0 y 8,0 kHz. Tres sujetos mostraron una diferencia de 25 dB en el umbral entre 4,0 y 8,0 kHz. Se empleó un análisis de varianza (ANOVA) bidireccional con estímulo (tono puro, NBN, Fresh Noise, warble) y frecuencia como variables intrasujeto para examinar las diferencias entre umbrales medios. Los resultados mostraron un efecto principal de estímulo,  $F(1,3, 14,7) = 11,8$ ,  $p = 0,002$ , y un efecto principal de frecuencia,  $F(3,6, 39,3) = 42,3$ ,  $p < 0,001$ . No hubo ninguna interacción significativa de Estímulo x Frecuencia,  $F(5,6, 61,7) = 1,65$ ,  $p = 0,13$ . Utilizando la corrección de Bonferroni y una significación familiar de 0,05, las comparaciones pareadas revelaron que el umbral medio correspondiente al NBN (34,6 dB) fue significativamente mejor que el correspondiente a los tonos puros (38,6 dB), los tonos warble (38,8 dB) y el Fresh Noise (38,9 dB).

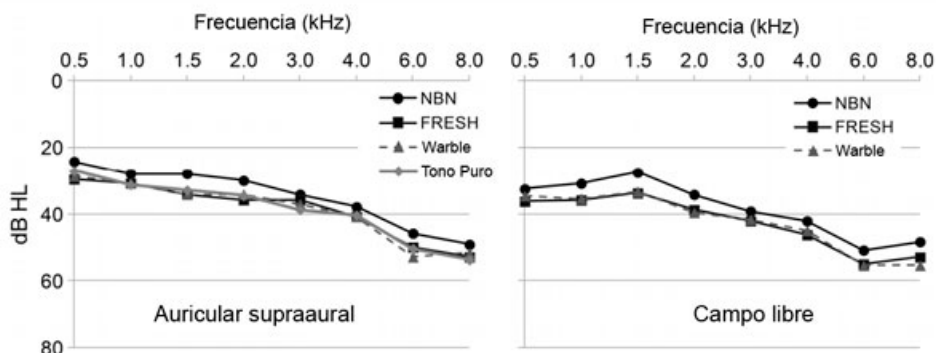
## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

**Figura 1.** Mediciones del medidor de nivel acústico obtenidas con el auricular supraaural para el tono puro (panel superior izquierdo), el tono warble (panel superior derecho), el Fresh Noise (panel inferior izquierdo) y el ruido de banda estrecha (panel inferior derecho), cada una centrada a 2,0 kHz.



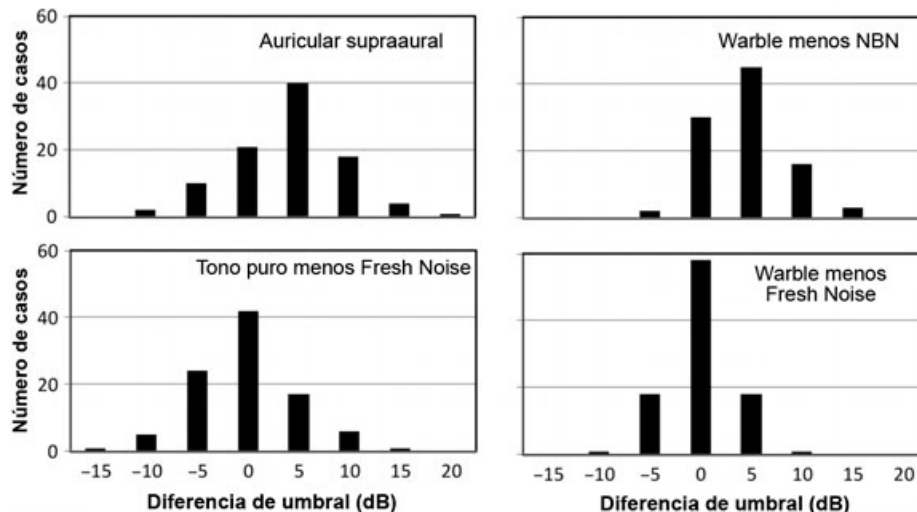
Similares a los resultados obtenidos con el auricular, los umbrales medios obtenidos en CL utilizando el NBN fueron, en promedio, 4 dB mejores que los obtenidos utilizando tonos warble y Fresh Noise (véase la Figura 2, panel derecho). Un ANOVA bidireccional con estímulo (NBN, Fresh Noise, warble) y frecuencia como variables intrasujeto reveló un efecto principal de estímulo,  $F(1,8, 19,7) = 44,3, p < 0,001$ , y un efecto principal de frecuencia,  $F(3,5, 38,2) = 44,7, p < 0,001$ , sin ninguna interacción significativa de Estímulo x Frecuencia,  $F(6,1, 66,9) = 1,7, p = 0,12$ . Utilizando la corrección de Bonferroni y una significación familiar de 0,05, las comparaciones pareadas revelaron que el umbral medio correspondiente al NBN (38,2 dB) fue significativamente mejor que el correspondiente a los tonos warble (42,6 dB) y el Fresh Noise (42,6 dB).

**Figura 2.** Umbrales medios correspondientes a los sujetos con hipoacusia simulada como una función de estímulo con el auricular supraaural (panel izquierdo) y en CL (panel derecho).



## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

**Figura 3.** Histogramas que muestran diferencias individuales en umbrales correspondientes a la condición de auricular supraaural (paneles a la izquierda) y a la condición de CL (paneles a la derecha).



Las diferencias individuales entre umbrales seleccionados para los 96 posibles umbrales (8 frecuencias x 12 sujetos) se calcularon y se representan en la Figura 3. Con el auricular supraaural, el 74% de los umbrales de NBN se encontraba dentro de un margen de 5 dB de los umbrales de tonos puros correspondientes, mostrando la mayoría unos umbrales 5 dB superiores utilizando NBN en comparación con los tonos puros. El 95% de los umbrales de NBN se encontraba dentro de un margen de 10 dB de los umbrales de tonos puros correspondientes. Los tres casos en los que el umbral de NBN fue superior al umbral de tonos puros en 15 dB o más tuvieron lugar cuando existía una pendiente de 15 o 20 dB en hipoacusia en frecuencias adyacentes. En comparación, el 86% de los umbrales de Fresh Noise se encontraba dentro de un margen de 5 dB de los umbrales de tonos puros y el 98% se encontraba dentro de un margen de 10 dB. En CL, el 80% de los umbrales de NBN se encontraba dentro de un margen de 5 dB de los umbrales de tonos warble correspondientes y el 97% dentro de un margen de 10 dB. Por el contrario, el 98% de los umbrales de Fresh Noise se encontraba dentro de un margen de 5 dB de los umbrales de tonos puros y todos se encontraban dentro de un margen de 10 dB.

### Discusión

La colocación de un atenuador de espuma en el conducto auditivo de los adultos con audición normal simulaba una hipoacusia leve-moderada con pendiente gradual. En estos oyentes, los umbrales obtenidos con un auricular fueron comparables a los umbrales de los tonos puros y los tonos warble, siendo unos hallazgos similares a los notificados por investigadores anteriores (Gengel et al., 1971; Stephens y Rintelmann, 1978). Los umbrales obtenidos utilizando Fresh Noise, un estímulo de prueba recientemente desarrollado, también fueron comparables a los obtenidos con tonos puros y tonos warble, tanto en CL como con auricular supraaural. Por el contrario, los umbrales obtenidos utilizando NBN fueron, en general, 4 dB superiores a los obtenidos utilizando tonos puros, con un promedio de 2,5-5,0 dB en las diferentes

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

frecuencias en la condición de auricular y 2,1-7,1 dB en la condición de CL. Estos resultados no resultan sorprendentes, ya que el NBN se calibra como un estímulo de enmascaramiento en lugar de un estímulo de prueba, tanto en CL como con auriculares. Para modificar un umbral tonal, el nivel de decibelios de un enmascarador es ligeramente superior al nivel requerido para detectar el tono.

### Experimento II

Los estímulos con anchos de banda amplios han demostrado influir significativamente en los umbrales de individuos con una hipoacusia en frecuencias altas (Orchik Y Mosher, 1975; Stephens y Rintelmann, 1978). En este experimento, analizamos la posibilidad de obtener umbrales precisos en adultos con una hipoacusia de pendiente pronunciada utilizando Fresh Noise. Como en el Experimento I, estos umbrales se compararon con los obtenidos utilizando NBN y tonos warble.

### Sujetos

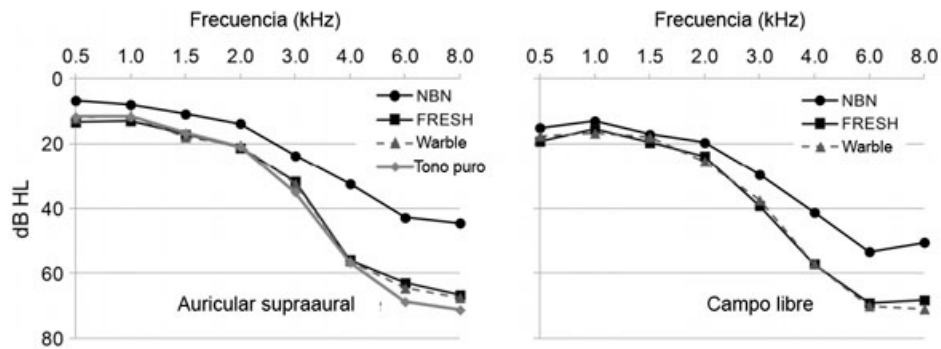
Participaron doce adultos con edades comprendidas entre 26 y 79 años ( $M = 55,8$ ,  $DT = 16,3$ ) y una discapacidad auditiva neurosensorial. Para ser incluidos, los sujetos debían demostrar al menos una diferencia de 20 dB entre dos frecuencias de prueba octavas adyacentes (p. ej., entre 1,0 y 2,0 kHz o entre 2,0 y 4,0 kHz), siendo la diferencia entre el umbral más alto y el más bajo, en todas las frecuencias, de 40 dB o superior. Si el oído izquierdo era el único oído que cumplía los criterios de inclusión, se colocaba el auricular supraaural derecho en el oído izquierdo. En CL, el sujeto estaba sentado, de manera que el altavoz derecho de CL se orientaba al oído izquierdo (acimut de 90°).

### Resultados

En la Figura 4 (panel izquierdo) se muestran los umbrales medios obtenidos con el auricular supraaural para los cuatro estímulos de prueba diferentes (Condiciones 1 y 2). Los umbrales medios de tonos puros oscilaban entre 11,7 dB a 0,5 kHz y 71,3 dB a 8,0 kHz. La pendiente media más pronunciada entre frecuencias octavas (36 dB/octava) se encontraba entre 2,0 y 4,0 kHz. Los umbrales medios se sometían a una ANOVA bidireccional con estímulo (tono puro, NBN, Fresh Noise, warble) y frecuencia como variables intrasujeto. Los resultados mostraron un efecto principal de estímulo,  $F(1,4, 15,8) = 88,7$ ,  $p = 0,001$ , y un efecto principal de frecuencia,  $F(2,8, 31,2) = 55,7$ ,  $p < 0,001$ . Hubo además una interacción significativa de Estímulo x Frecuencia,  $F(4,1, 45,3) = 10,8$ ,  $p = 0,001$ . En la determinación de los umbrales con auriculares, el umbral de referencia es el umbral de tono puro. Por lo tanto, se utilizaron pruebas t pareadas para comparar el umbral de NBN con el umbral de tono puro para cada frecuencia. Utilizando la corrección de Bonferroni y un nivel de significación de 0,006, los umbrales de NBN para todas las frecuencias fueron significativamente superiores a los umbrales de tonos puros correspondientes. Las diferencias oscilaban entre 3,75 dB a 1,0 kHz y 26,7 dB a 8,0 kHz.

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

Figura 4. Umbrales medios correspondientes a los adultos con discapacidad auditiva obtenidos mediante los cuatro tipos de estímulos con el auricular supraaural (panel izquierdo) y en CL (panel derecho).



En CL, los umbrales medios correspondientes a los tonos warble y el Fresh Noise fueron prácticamente idénticos (véase la Figura 4, panel derecho). Por el contrario, los umbrales medios de NBN fueron superiores, especialmente en las regiones de alta frecuencia, en comparación con los umbrales obtenidos utilizando tonos warble y Fresh Noise. Un ANOVA bidireccional con estímulo (NBN, FRESH, warble) y frecuencia como variables intrasujeto reveló un efecto principal de estímulo,  $F(1,4, 15,7) = 79,9, p < 0,001$ , y un efecto principal de frecuencia,  $F(2,9, 31,7) = 54,9, p < 0,001$ . Hubo además una interacción significativa de Estímulo x Frecuencia,  $F(3,1, 34,0) = 5,6, p = 0,003$ . El efecto principal de estímulo parece deberse a una pequeña diferencia en los umbrales como una función del tipo de estímulo para las frecuencias bajas, pero una gran diferencia para las frecuencias altas. Por ejemplo, las diferencias en el umbral entre el NBN y los tonos warble oscilaban entre 0,83 dB a 1,5 kHz y 20,5 dB a 8,0 kHz.

### Discusión

En adultos con una hipoacusia de pendiente pronunciada, los umbrales obtenidos con un auricular supraaural fueron comparables en el caso de los tonos puros, los tonos warble y el Fresh Noise. En CL, los umbrales de tonos warble fueron similares a los obtenidos utilizando el Fresh Noise. Por lo tanto, el Fresh Noise se debe considerar como un estímulo adicional para evaluar la audición, ya que facilita unos umbrales precisos, tanto con auriculares como en CL, incluso en los casos de configuraciones audiométricas de pendiente pronunciada.

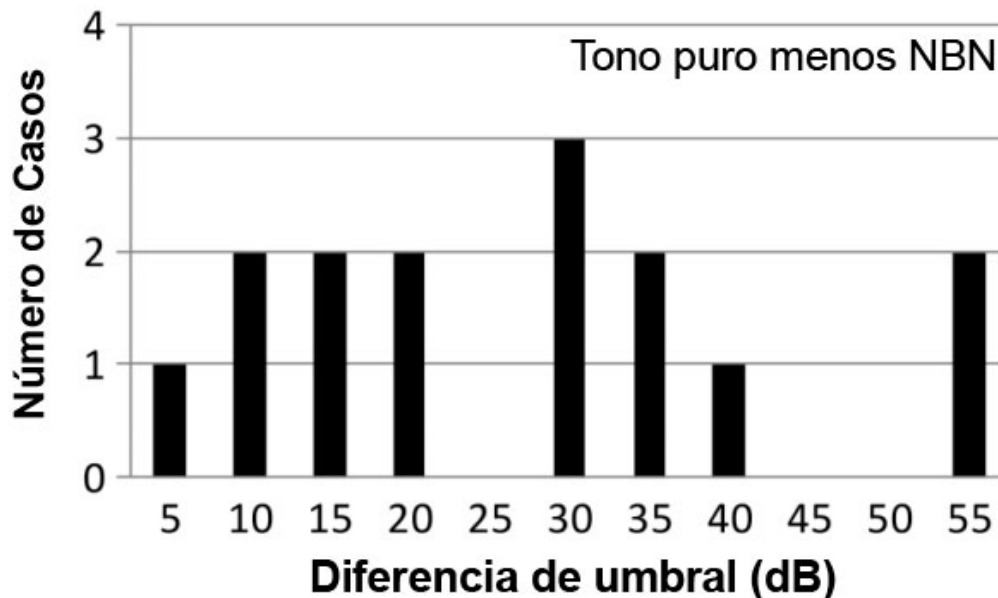
Los umbrales obtenidos utilizando NBN subestimaron los umbrales auditivos en presencia de una configuración audiométrica de pendiente pronunciada. Estos hallazgos fueron previamente descritos por Orchik y Mosher (1975), y Stephens y Rintelmann (1978). La cantidad en la que el NBN subestimaba el umbral auditivo variaba. En nuestros sujetos, hubo 15 casos en los que existía una diferencia de 20 dB o superior en el umbral entre frecuencias adyacentes. En estos casos, se comparó el umbral de tonos puros con el umbral de NBN, obtenido con un auricular, correspondiente a la inferior de las dos frecuencias, que fue siempre la frecuencia más alta. Los umbrales de NBN fueron 5-55 dB superiores a los umbrales de tonos puros en estos casos. La Figura 5 es un histograma que representa las diferencias entre los umbrales de tonos puros y NBN para todos los casos que muestran una diferencia de umbral de 20 dB o superior entre frecuencias adyacentes. Los dos casos que presentaron una diferencia de 55 dB entre los umbrales de NBN y tonos puros se asociaron con pendientes pronunciadas en la configuración audiométrica (es decir,



## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

35 y 55 dB entre frecuencias adyacentes). Del mismo modo, el individuo cuyo umbral de NBN era 40 dB superior al umbral de tonos puros mostraba una pendiente de 40 dB entre frecuencias adyacentes. Se detectó una correlación altamente significativa entre la pendiente (umbral inferior menos umbral superior) y la cantidad de hipoacusia subestimada (umbral de tonos puros menos umbral de NBN),  $r = 0,83$ ,  $p = 0,00006$ ,  $n = 15$ , lo que indica que, cuanto mayor es la pendiente, mayor es la subestimación del umbral auditivo cuando se utilizan estímulos de NBN.

**Figura 5.** Histograma que muestra las diferencias entre umbrales de tonos puros y NBN, obtenidos con el auricular supraaural, en los casos en que frecuencias adyacentes mostraban una pendiente de al menos 20 dB.



También se desprende de nuestros datos que una pendiente audiométrica pronunciada puede influir en los umbrales de las frecuencias siguiendo la pendiente. En la Figura 6 se muestran los umbrales audiométricos correspondientes a un sujeto cuya pendiente más pronunciada se encontraba entre 3,0 y 4,0 kHz. El umbral a 8,0 kHz correspondiente al NBN era 40 dB superior al umbral de tonos puros, aun cuando la hipoacusia en la región de 4,0-8,0 kHz era bastante plana. Se debe probablemente al ancho de banda del estímulo de NBN. En la Figura 7 se muestra que el NBN, centrado en 0,8 kHz, es tan solo 20-25 dB menos intenso en la región de frecuencias en torno a 3,0 kHz, la región de frecuencias en la que este sujeto tiene una audición normal, que en el caso de 8,0 kHz.

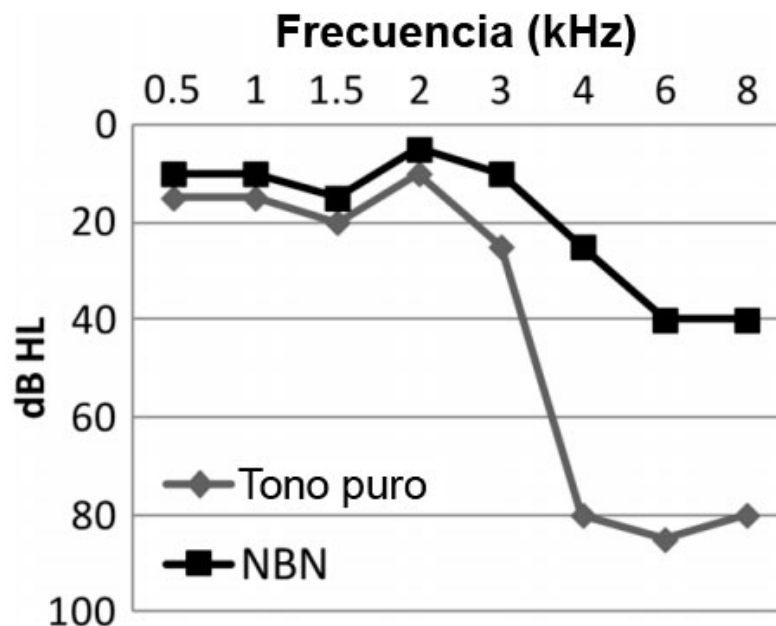
### Discusión general

Una serie de autores ha notificado que los bebés y los niños pequeños responden mejor a los estímulos con

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

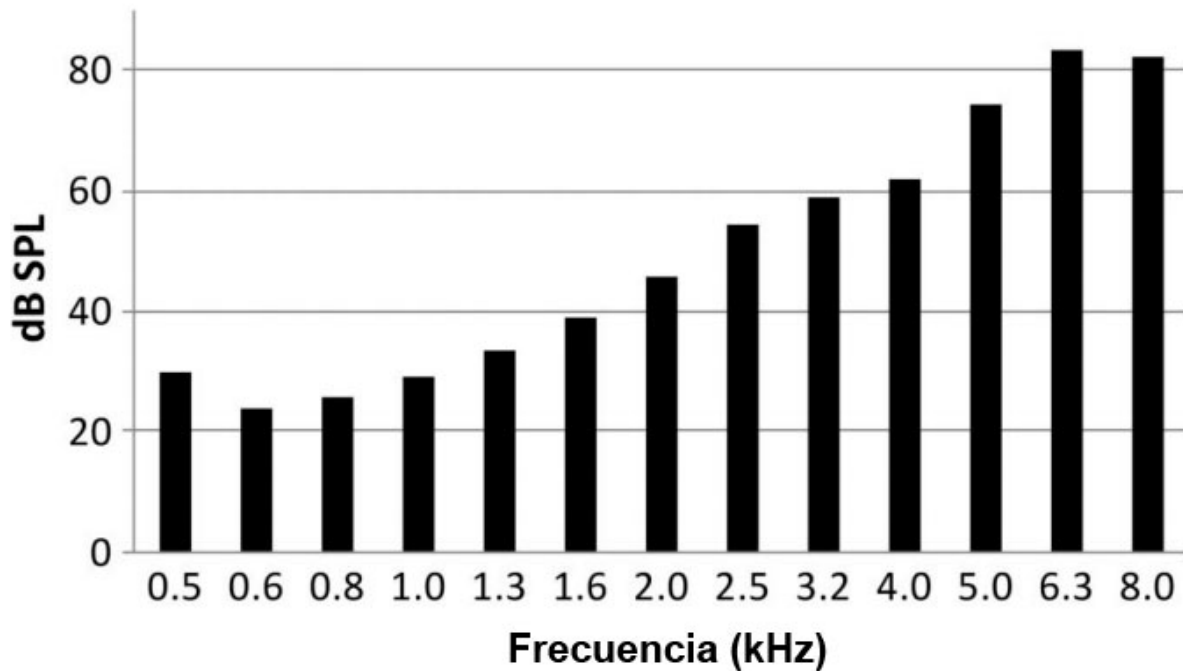
anchos de banda amplios en comparación con los de anchos de banda estrechos (p. ej., Gravel, 2000; Madell, 2014; Thompson y Thompson, 1972). Sin embargo, al obtener los umbrales auditivos, los estímulos que tienen una energía que se propaga a frecuencias vecinas pueden subestimar el grado de hipoacusia. Debido a estos problemas, se ha desarrollado recientemente un nuevo estímulo: Fresh Noise. En este estudio hemos comparado los umbrales obtenidos con Fresh Noise con los estímulos específicos de frecuencia tradicionales (tonos puros, tonos warble) y con el NBN. Tanto en CL como con un auricular supraaural, los umbrales obtenidos con Fresh Noise en casos de configuraciones audiométricas con pendiente pronunciada fueron comparables a los obtenidos con los estímulos específicos de frecuencia. Por el contrario, los umbrales obtenidos utilizando NBN subestimaron el grado de hipoacusia.

**Figura 6.** Umbrales de tonos puros y NBN en el caso de un sujeto con una configuración audiométrica de pendiente pronunciada.



**Noviembre-Diciembre 2016, número 6**

**Figura 7.** Mediciones del medidor de nivel acústico con respecto a NBN centrado en 8,0 kHz y medido con el auricular supraaural.



En el caso de adultos con hipoacusia de pendiente gradual (Experimento 1), el NBN subestimó los umbrales auditivos en todas las frecuencias tanto con auriculares como en CL en un promedio de 4 dB. Sin embargo, el 74% de los umbrales de NBN se encontraba dentro de un margen de 5 dB de los umbrales de tonos puros correspondientes con un auricular, y el 80% dentro de un margen de 5 dB de los umbrales de tonos warble en CL. Una diferencia de “test-retest” de 5 dB es irrelevante, dado que la amplitud de salto en las pruebas clínicas es de 5 dB. Además, en el 95% de las veces, el umbral de NBN se encontraba dentro de un margen de 10 dB del umbral de tonos puros con un auricular y, en el 97% de las veces, dentro de un margen de 10 dB del umbral de tonos warble en CL. Las diferencias críticas (nivel de confianza del 95%) de esta magnitud (~10 dB) se han detectado en la fiabilidad test-retest de tonos puros en niños y adultos jóvenes (Stuart, Stenstrom, Tompkins y Vandenhoss, 1991). Por lo tanto, en el caso de ambos transductores, la diferencia entre los umbrales obtenidos utilizando estímulos con anchos de banda estrechos y los obtenidos utilizando NBN debería ser mínima en la mayoría de los clientes con audición normal o con configuraciones audiométricas de hipoacusia de pendiente pronunciada. No obstante, como advirtió Madell (2014), los clínicos deben ser conscientes de que el NBN puede subestimar los umbrales auditivos reales en 5-10 dB. Esta subestimación es probable en casos con audición normal o una configuración de hipoacusia plana o de pendiente gradual.

La subestimación de los umbrales en el caso de una configuración plana o de pendiente gradual se debe a que el NBN se calibra como un estímulo de enmascaramiento tanto en CL como con auriculares. A

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

diferencia de un tono puro, que se referencia con el nivel auditivo en el audiómetro, el NBN se referencia con el nivel de enmascaramiento efectivo. El nivel de enmascaramiento efectivo se define como la intensidad del ruido de enmascaramiento necesario para modificar el umbral de una señal de prueba (ANSI S3.6-2010). En las normas del ANSI (American National Standards Institute) se indican los factores de corrección que se añaden a los niveles de presión acústica equivalentes de referencia para establecer niveles de enmascaramiento efectivo en bandas estrechas de ruido centradas en distintas frecuencias. En el caso de frecuencias entre 0,50 y 8,0 kHz, este intervalo de correcciones oscila entre 4 y 8 dB, dependiendo de la frecuencia y el ancho de banda del ruido de enmascaramiento (Roeser, Valente y Hosford-Dunn, 2007).

En los casos de una hipoacusia con pendiente pronunciada (Experimento II), los umbrales obtenidos utilizando NBN fueron significativamente mejores que los obtenidos utilizando estímulos de tonos warble y Fresh Noise. Cuanto más pronunciada sea la pendiente de la hipoacusia, mayor será la diferencia entre el umbral de NBN y el umbral obtenido con los estímulos de banda más estrecha. Esta discrepancia de umbral se debe a la energía, destinada a medir la hipoacusia en la frecuencia del umbral más inferior, propagándose a zonas con mejor audición (Orchik y Mosher, 1975; Stephens y Rintelmann, 1978). Estos hallazgos tienen implicaciones para las pruebas en clientes de todas las edades, incluidos bebés y niños.

En la población pediátrica, los clínicos deben ser conscientes de las contrapartidas entre utilizar un estímulo captador de la atención, como el NBN, y la posibilidad de diagnosticar erróneamente el grado de hipoacusia. Al someter a pruebas a los bebés y a los niños, los clínicos desconocen a priori si existe una hipoacusia o, si existe, cuál es su configuración; por lo tanto, deben extremar la cautela a la hora de utilizar el NBN como estímulo de la prueba. Si existe una baja probabilidad de hipoacusia, el NBN se podría utilizar como un estímulo en el caso de los bebés y los niños que necesiten un ancho de banda más amplio para responder, siendo conscientes de que las respuestas obtenidas pueden ser mínimamente superiores a los umbrales reales. Con bastante frecuencia, los clínicos pueden obtener información a priori acerca de la probabilidad de que exista una hipoacusia realizando pruebas fisiológicas previas a la evaluación audiométrica conductual. Por ejemplo, cuando se obtienen mediante niveles primarios de 65 y 55 dB SPL para f1 y f2, respectivamente, las emisiones otoacústicas producto de distorsión que están presentes en la región de frecuencias entre 1,5 y 6,0 kHz, con amplitudes típicas de oídos con audición normal, indican una baja probabilidad de hipoacusia (Gorga et al., 1997). Además, la presencia de reflejos acústicos sería coherente con la función normal del nervio VIII, dando lugar a que la probabilidad de existencia de una neuropatía auditiva y la hipoacusia asociada fuese baja. Por lo tanto, en el caso de los bebés o los niños que presenten unas emisiones otoacústicas de gran amplitud y reflejos acústicos, el uso de NBN en CL o con auriculares (si es necesario para captar y mantener su atención) no se traducirá en un diagnóstico erróneo de la capacidad auditiva. No obstante, si los resultados de estas pruebas fisiológicas sugieren algún grado de hipoacusia, los clínicos deben considerar el uso de un estímulo limitado de banda estrecha, como el Fresh Noise (solo disponible en el audiómetro Madsen Astera) o los tonos warble con el fin de no diagnosticar erróneamente el grado de hipoacusia. Se desconoce si el Fresh Noise conserva las propiedades para captar la atención de los estímulos de banda más amplia utilizados normalmente (p. ej., voz y NBN). Será necesario realizar estudios adicionales para examinar esta ventaja propuesta del Fresh Noise.

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

### Agradecimientos

Queremos agradecer especialmente a la Dra. Frances Harris por su asistencia crítica durante la fase de diseño de este estudio.

### Bibliografía

**American National Standards Institute.** (2010). *Specifications for audiometers (ANSI S3.6-2010)*. Nueva York: Autor.

**Carhart, R. y Jerger, J. F.** (1959). Preferred method for clinical determination of pure-tone thresholds. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 24, 330-345.

**Dockum, G. D. y Robinson, D. O.** (1975). Warbled tone as an audiometric stimulus. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 40, 351-356.

**Gengel, R. W., Pascoe, D. y Shore, I.** (1971). A frequency-response procedure for evaluating and selecting hearing aids for severely hearing-impaired children. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 36, 341-353.

**Gorga, M. P., Neely, S. T., Ohlrich, B., Hoover, B., Redner, J. y Peters, J.** (1997). From laboratory to clinic: A large scale study of distortion product otoacoustic emissions in ears with normal hearing and ear with hearing loss. *Ear and Hearing*, 18, 440-455.

**Gravel, J. S.** (2000). *Audiologic assessment for the fitting of hearing instruments: Big challenges from tiny ears*. En R.C. Seewald (Ed.), *A sound foundation through early amplification: Proceedings of an international conference* (pág. 33-46). Stäfa, Suiza: Phonak.

**Lantz. (s.f.) FRESH noise** [Guía]. Consultado en el sitio Web de Otometrics:  
<http://www.otometrics.com/Knowledge-Center/Hearing%20Assessment%20resources>

**Madell, J. R.** (2014). *Using visual reinforcement audiometry to evaluate hearing in infants from 5 to 36 months*. En J. R. Madell & C. Flexer (Eds.), *Pediatric audiology: Diagnosis, technology, and management* (2ª ed., pág. 79-88). Nueva York, NY: Thieme.

**Orchik, D. J. y Mosher, N. L.** (1975). Narrow band noise audiometry: The effect of filter slope. *Journal of the American Audiology Society*, 1, 50-53.

**Orchik, D. J. y Rintelmann, W. F.** (1978). Comparison of pure-tone, warble-tone, and narrow-band noise threshold of young normal-hearing children. *Journal of the American Audiology Society*, 3, 214-220.

**Robinson, D. O. y Vaughn, C. R.** (1976). Relative efficiency of warbled-tone and conventional pure-tone testing with children. *Journal of the American Audiology Society*, 1, 252-257.

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

**Roeser, R. J., Valente, M. y Hosford-Dunn, H.** (2007). *Audiology: Diagnosis*. Nueva York, NY: Thieme.

**Simon, G. R. y Northern, J. L.** (1966). Automatic noiseband audiometry. *Journal of Auditory Research*, 6, 403-407.

**Staab, W. J. y Rintelmann, W. F.** (1972, Septiembre). *Comparison of pure-tone and warble-tone thresholds*. Documento presentado en el Congreso anual de la Annual Meeting of American Speech and Hearing Association, San Francisco, CA.

**Stephens, M. M. y Rintelmann, W. F.** (1978). The influence of audiometric configuration on pure-tone, warble-tone and narrow-band noise thresholds of adults with sensorineural hearing losses. *Journal of the American Audiology Society*, 3, 221-226.

**Stuart, A., Stenstrom, R., Tompkins, C. y Vandenhoff, S.** (1991). Test-retest variability in audiometric threshold with supraaural and insert earphones among children and adults. *International Journal of Audiology*, 30, 82-90.

**Thompson, M. y Thompson, G.** (1972). Response of infants and young children as a function of auditory stimuli and test methods. *Journal of Speech and Hearing Research*, 15, 699-707.

**Walker, G., Dillon, H. y Byrne, D.** (1984). Sound field audiometry: Recommended stimuli and procedures. *Ear and Hearing*, 5, 13-21.

Traducido con autorización del artículo «*Umbrales audiométricos: consideraciones sobre estímulos en campo libre y con auriculares*», por Linda W. Norrix y Alora Andersons (*American Journal of Audiology*, vol. 24, 487-493, diciembre 2015, <http://aja.pubs.asha.org/journal.aspx>). Este material ha sido originalmente desarrollado y es propiedad de la American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, MD, U.S.A., [www.asha.org](http://www.asha.org). Todos los derechos reservados. La calidad y precisión de la traducción es únicamente responsabilidad de CLAVE.

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 «*Audiometric Thresholds: Stimulus Considerations in Sound Field and Under Earphones*», by Linda W. Norrix and Alora Andersons (*American Journal of Audiology*, vol. 24, 487-493, diciembre 2015, <http://aja.pubs.asha.org/journal.aspx>). This material was originally developed and is copyrighted by the American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, MD, U.S.A., [www.asha.org](http://www.asha.org). All rights are reserved. Accuracy and appropriateness of the translation are the sole responsibility of CLAVE.

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

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

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.

### Origen embriológico de la hipoacusia

*Kelley M. Dodson, MD.*

¿Qué relación existe entre el desarrollo prenatal y la discapacidad auditiva congénita y progresiva? La otorrinolaringóloga Kelley M. Dodson ofreció un chat online donde se analizó esta cuestión. The Leader también asistió.

**Carol Runyan:** Teniendo en cuenta el grado de complejidad de la estructura y la función del oído, ¿hay alguna hipótesis acerca de la razón de que el desarrollo empiece y finalice en una etapa fetal tan temprana? He conocido el caso de numerosos niños engendrados sin que las madres tuvieran conocimiento de su embarazo y que, por lo tanto, no tuvieron ningún cuidado prenatal y consumieron alcohol, drogas, etc. Con bastante frecuencia, estos niños muestran deformidades en los oídos y una hipoacusia, así como otros problemas.

**Kelley Dodson:** Creo que se debe a su naturaleza como parte del sistema neurosensorial. El oído se debe desarrollar en paralelo con el desarrollo del cerebro. Lamentablemente, la mayor parte de este desarrollo se realiza antes de que las mujeres sean conscientes de que pueden estar embarazadas y, por lo tanto, es altamente susceptible a los teratógenos y a las influencias ambientales.

**Bridget Gonzalez:** ¿Existe un mayor riesgo de meningitis espinal cuanto más pequeño sea el bebé debido a la osificación de desarrollo del hueso temporal?

**Dodson:** Lo cierto es que el riesgo de meningitis es mayor a partir de la otitis media en bebés y niños que muestran anomalías en el desarrollo del oído interno, que permite una comunicación directa entre el oído y el cerebro, normalmente a partir de la permeabilidad del acueducto coclear o similar. Al nacer, en teoría debería haber finalizado la osificación de la cavidad del oído medio (aunque sea bastante fina) que permite separar el oído y el cerebro. Sin embargo, en general los bebés menores de 3 meses tienen un mayor riesgo de contraer una sepsis o una propagación generalizada de las infecciones debido a la inmadurez del sistema inmunológico, ya que las bacterias se pueden desplazar a través de las rutas preformadas (a lo largo de las venas, etc.) provocando una meningitis.

**George Cook:** ¿Qué efecto tiene la metadona y/o el consumo de otras sustancias en el feto y en la audición del recién nacido?

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

**Dodson:** Consideramos que la metadona es potencialmente ototóxica. Existen informes de una hipoacusia repentina que puede ocurrir con la intoxicación por metadona y, en general, el consumo de sustancias durante el embarazo puede provocar anomalías generalizadas de desarrollo, como el síndrome de alcoholismo fetal y/o problemas neurológicos, que también pueden afectar al oído. Estos bebés suelen tener otros factores de riesgo que se sabe que están asociados a la hipoacusia (bajo peso al nacer, prematuridad y estancias en la UCIN), por lo que se debería prestar una gran atención al cribado auditivo de los recién nacidos y realizar un seguimiento apropiado durante la infancia.

**Vaibhavi Dharkar:** ¿Qué relación existe entre la hipoacusia y las enfermedades cutáneas? ¿Tiene algo que ver con el hecho de que tanto las células cutáneas como las sensoriales sean un producto del ectodermo?

**Kelley Dodson:** Exactamente. Las células cutáneas y las neurosensoriales tienen un origen ectodérmico.

**Gonzalez:** Hola, una pregunta aclaratoria: ¿en alguna ocasión ha observado un colesteatoma congénito con el síndrome de Treacher-Collins, Goldenhars u Omenn?

**Dodson:** Observamos el colesteatoma congénito con mayor frecuencia si existe una atresia aural (lo que significa que el conducto está subdesarrollado), debido a que el epitelio que reviste el conducto auditivo puede estar atrapado en el interior sin poder salir. No creo que el colesteatoma congénito del oído medio tenga una mayor asociación con estos síndromes, pero lo tiene ciertamente con el conducto auditivo.

**Margo McNiven:** ¿Se considera que una marca o un quiste preauricular o posauricular es un marcador de una posible hipoacusia? ¿O la hipoacusia constituye únicamente una preocupación cuando la marca o el quiste se observa en conjunción con BOR (síndrome branquio-oto-renal)?

**Dodson:** Existe una pequeña asociación de un seno o una marca aislados con la hipoacusia aparte del BOR. Siempre que atiendo a un niño con un seno o una marca que parecen no sindrómicos, realizo una exploración física detallada y encargo un audiograma para estar segura.

**Christine Cook:** ¿Cuál es la mejor práctica para el seguimiento de niños a los que se ha diagnosticado una meningitis?

**Dodson:** Lo cierto es que una parte del riesgo de padecer una hipoacusia depende del tipo de meningitis. Es probablemente mayor con *Streptococcus pneumoniae*, que produce un gran daño inflamatorio. Siempre opto por obtener una prueba de audición tan pronto como el niño se encuentra estable y, preferiblemente, antes de que le den el alta tras el ingreso por meningitis. Si no se puede realizar en el entorno del paciente ingresado, se debería realizar en el plazo de una o dos semanas tras el alta. Si existe una hipoacusia bilateral severa-profunda, es aconsejable proceder a la implantación coclear lo antes posible, antes de que los cambios inflamatorios den lugar a una osificación dentro de la cóclea.

**Cook:** Si la audición del niño es normal, ¿qué intervalo recomendaría como continuación de las pruebas? ¿Cada tres meses durante el primer año?

**Dodson:** Yo diría que, como mínimo, los intervalos deben ser de seis meses, pero en el caso de los niños con una progresión que me preocupe especialmente (ya que muchos de estos bebés reciben también



## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

antibióticos que pueden ser ototóxicos), les atendería con intervalos de tres meses durante un año. No existen pautas estrictas al respecto pero el seguimiento de las pautas establecidas por el Comité Conjunto sobre Audición Infantil (Joint Committee on Infant Hearing) hasta los 3 años, en el caso de bebés con factores de riesgo, es una buena pauta general a seguir en el caso de infecciones posnatales y ototoxicidad.

**Liz Ehrstein:** ¿Con qué frecuencia utiliza la embriología en la práctica clínica?

**Dodson:** Estar familiarizado con la embriología es realmente útil en la práctica clínica diaria, especialmente si se atiende a la población pediátrica. Si se trabaja con pacientes sindrómicos o médicamente complicados, los conocimientos de embriología cuando se evalúan los oídos, la cabeza y el cuello pueden servir de base para sospechar la existencia de otras afecciones asociadas que pueden no ser fácilmente evidentes. Por ejemplo, si se está evaluando a un bebé que no ha superado la prueba de audición del recién nacido, es posible que se sea la primera persona en advertir la presencia de pequeños quistes branquiales en el cuello y senos preauriculares, lo que indicaría la necesidad de evaluar los riñones con el fin de detectar la posible existencia del síndrome de BOR, que podría potencialmente salvarle la vida.

**Mary Violanti:** Con respecto a los senos preauriculares, ¿puede un médico tras realizar una exploración determinar si se trata de un seno ciego o un seno con potencial de infección? ¿Se debe determinar a través de estudios de imagen o es la observación el mejor enfoque?

**Dodson:** Por lo general, es difícil determinar en un principio la profundidad y la dirección del seno. En ocasiones, es evidente que el seno es únicamente una depresión ciega pero, si se aprecia claramente un tracto, la mejor opción es la observación. Suelo recomendar una limpieza diaria con un bastoncillo como parte del baño/higiene diaria normal del niño. Si el tracto se infecta, propondríamos una intervención quirúrgica de extirpación. Por lo general, no son necesarios estudios de imagen a no ser que nos preocupen otros aspectos.

**Alicia White:** Tuve un paciente que presentaba una anotia bilateral, además de una ausencia de nervios cocleares bilaterales. Desde un punto de vista del desarrollo embriológico, ¿podría existir alguna relación entre las dos anomalías?

**Dodson:** Observamos la asociación de anomalías externas e internas en un 10% de las ocasiones. Probablemente, la etiología implica un ataque global al sistema nervioso y a los arcos branquiales en las primeras fases del desarrollo (con los montículos completamente ausentes debido a la anotia) y que la placoda ótica neurosensorial no establezca ninguna conexión con el cerebro en desarrollo.

**Runyan:** ¿Qué opina de la intervención quirúrgica para subsanar la atresia en un niño? He leído numerosos informes contradictorios sobre el mejor momento para iniciar el proceso quirúrgico de reconstrucción del conducto, en el caso de que los padres lo decidan.

**Dodson:** La cirugía de la atresia es sin duda una cuestión polémica. Gran parte del debate gira en torno a si se trata de una atresia bilateral o unilateral, y si el paciente es un candidato "adecuado". También se deben tener en cuenta las expectativas y los objetivos de los padres con respecto al niño. Si existe una microtia asociada, se debe abordar antes, en el caso de que lo desee el paciente o su familia. El problema

## Noviembre-Diciembre 2016, número 6

con la atresioplastia es que, con el paso del tiempo, el conducto tiende a estenosarse y nunca se exfolia normalmente, por lo que se requiere generalmente una limpieza permanente y es posible que no ofrezca los mejores resultados de audición a largo plazo. Si lo que se persigue realmente es una audición excelente, es posible que los implantes osteointegrados sean más eficaces, pero la decisión depende de numerosos factores.

**Runyan:** Me gustaría exponer el caso de una niña con atresia bilateral; es adoptada, por lo que no existe ningún historial familiar disponible. Ha utilizado audífonos bilaterales (con anclaje óseo) con una banda y simplemente se encuentran a la espera de que tenga la “edad adecuada” para una intervención quirúrgica. Soy consciente de que se trata de un proceso quirúrgico múltiple y que es doloroso. Lo pregunto por curiosidad.

**Dodson:** Por lo general, cuando se trata de niños, es preferible esperar hasta que el grosor óseo sea superior a 4 mm para poder realizar un implante osteointegrado de 4 mm. Está aprobado para niños a partir de 5 años pero, si el grosor óseo del niño es adecuado, se podría realizar antes, si bien es posible que el seguro no lo cubra. Yo diría que, en general, no es un procedimiento demasiado doloroso. En niños pequeños, realizamos la intervención quirúrgica en dos etapas, ya que el hueso tiende a ser más blando que en el caso de los adolescentes y los adultos. Colocamos el implante y lo mantenemos cubierto (sin que sobresalga a través de la piel) de tres a seis meses para permitir que el titanio se una al hueso. En la segunda etapa, colocamos el “pilar”, que básicamente se atornilla en el implante del hueso y sobresale del mismo para permitir el acoplamiento del procesador. Al acoplar el procesador, se consigue una conducción ósea directa en ese lado y unos excelentes resultados auditivos en pérdidas conductivas o sordera profunda unilateral.

**Leslie Heuser:** ¿Es posible tener un primer quiste branquiógeno sin que esté asociado a una hipoacusia o un síndrome?

**Dodson:** Sí, sin duda. La mayor parte de las veces, los primeros quistes branquiógenos se encuentran aislados y no forman parte de ningún síndrome. Existen dos tipos de primeros quistes branquiales. El primero es una “duplicación” directa del conducto auditivo y el segundo es un tracto más sinuoso a través de la glándula salival parótida y el cuello. La mayoría son anomalías aisladas de fusión.

Este artículo se publicó en The ASHA Leader, Enero de 2015, Vol. 20, online únicamente.