

# Utilidad diagnóstica de la audiometría de alta frecuencia en sujetos expuestos a ruido recreacional

## Diagnostic utility of high frequency audiometry in subjects exposed to recreational noise

Diego Olivares G<sup>1</sup>, Gabriel Lagos R<sup>2</sup>.

### RESUMEN

**Introducción:** Recientes investigaciones mencionan que, debido a los altos niveles de ruidos, el 75% de los habitantes en las ciudades industrializadas padecen algún tipo de deficiencia auditiva. La audiometría de alta frecuencia es un examen complementario importante para detectar tempranamente la pérdida de audición.

**Objetivo:** Determinar la utilidad diagnóstica de la audiometría de alta frecuencia en la detección temprana de la hipoacusia en sujetos expuestos a ruido recreacional.

**Material y método:** Estudio analítico de corte transversal. Se evaluaron 87 estudiantes de fonoaudiología. Se aplicó una audiometría convencional y de alta frecuencia mediante audiómetro clínico.

**Resultados:** La audiometría de alta frecuencia presenta una sensibilidad del 100%, especificidad del 64,60%. El valor predictivo (+) es de 14,70%, mientras que el valor predictivo (-) es del 100%. La razón de verosimilitud (+) es de 2,28, y para la razón de verosimilitud (-) es de 0,0.

**Conclusión:** La audiometría de alta frecuencia puede ser utilizada para monitorizar la audición de los sujetos, comprobando que efectivamente los umbrales auditivos de alta frecuencia se encuentren dentro de rangos normales. Lo anterior, dado por sus valores de sensibilidad, valor predictivo negativo, razón de verosimilitud negativa y por el aumento entre la probabilidad preprueba y posprueba.

**Palabras clave:** Audiometría de alta frecuencia, sensibilidad, especificidad, utilidad diagnóstica.

### ABSTRACT

**Introduction:** Recent research mentions that, due to the high noise levels, 75% of the habitants in industrialized cities suffer from some type of hearing impairment. High frequency audiometry is an important complementary test to detect early hearing loss.

<sup>1</sup> Hospital Comunitario de Salud Familiar de Coelemu Dr. Eduardo Contreras Trabucco, Coelemu, Chile.

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias de Rehabilitación en Salud. Facultad de Ciencias de la Salud y Los Alimentos. Universidad del Bío-Bío, Chillán, Chile.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Recibido el 23 de enero de 2019. Aceptado el 31 de agosto de 2019.

**Aim:** To determine the diagnostic utility of high frequency audiometry in the early detection of hearing loss in subjects exposed to recreational noise.

**Material and methods:** Study analytical type and cross section. 87 speech therapy students were evaluated. A conventional and high frequency audiometry was applied, using a clinical audiometer.

**Results:** High frequency audiometry has a sensitivity of 100%, specificity of 64,60%. The predictive value (+) is 14,70%, while the predictive value (-) is 100%. The likelihood ratio (+) is 2,28, and for the likelihood ratio (-) it is 0,0.

**Conclusion:** High frequency audiometry can be used to monitor the hearing of the subjects, checking that effectively the high frequency hearing thresholds are within normal ranges. The above, given by their values of sensitivity, negative predictive value, negative likelihood ratio and the increase between the pre-test probability and the post-test probability.

**Key words:** High frequency audiometry, sensitivity, specificity, diagnostic utility.

## INTRODUCCIÓN

El ruido se define como sonido inarticulado, por lo general desagradable<sup>1</sup>. Su exposición ocasional o permanente puede afectar la audición de manera súbita e imprevista. Además, si la exposición a esta fuente sonora se mantiene en el tiempo podría producir hipoacusia inducida por ruido<sup>2</sup> afectando la calidad de vida del ser humano y su socialización, fenómeno conocido como socioacusia<sup>3</sup>. Recientes investigaciones mencionan que, debido a los altos niveles de ruidos, el 75% de los habitantes en las ciudades industrializadas padecen algún tipo de deficiencia auditiva<sup>3</sup>. En contexto recreativo también se produce exposición a ruido con intensidades nocivas para la audición. La música en las discotecas, conciertos o fiestas, el ruido del tránsito, el sonido de las fábricas incluso los gritos, son enemigos invisibles de la audición y las personas se acostumbran al ruido al percibirlo como parte natural de su entorno, sin tener consciencia del riesgo que acarrea para su audición. Según Breinbauer (2011) el 12% de los usuarios de reproductores de música personal está expuesto a más de una dosis de ruido diaria, situándolos en riesgo de desarrollar una hipoacusia<sup>4</sup>.

En Chile, los procedimientos establecidos para pesquisar a sujetos en condiciones de riesgo de sufrir hipoacusia se limitan a la evaluación mediante la audiometría convencional y otoemisiones acústicas, enmarcadas dentro planes de vigilancia ambiental para prevenir pérdida auditiva de origen ocupacional<sup>5</sup>. Sin embargo, la audiometría de

alta frecuencia, definida como la evaluación de umbrales auditivos aéreos en el intervalo de 9 kHz a 20 kHz<sup>4</sup>, es un examen complementario importante para detectar tempranamente la pérdida de audición<sup>4</sup> en contexto laboral y recreacional. Sin duda alguna la hipoacusia representa un verdadero desafío para la salud pública, dado que es el déficit sensorial más frecuente en poblaciones humanas<sup>6</sup>. Es por ello que se diseñó un estudio con la finalidad de determinar la utilidad diagnóstica de la audiometría de alta frecuencia en la detección precoz de la hipoacusia por exposición a ruido en adultos jóvenes.

## OBJETIVO

Determinar la utilidad diagnóstica de la audiometría de alta frecuencia en la detección temprana de la hipoacusia inducida por ruido recreacional en sujetos expuestos a ruido recreacional. Se propone como hipótesis que la audiometría de alta frecuencia presenta propiedades psicométricas (sensibilidad, especificidad, valores predictivos y razones de verosimilitud) adecuadas para ser utilizadas en la detección temprana de hipoacusia producidas por exposición a sonidos de alta intensidad durante actividades recreativas.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio analítico de corte transversal. Se entrevistaron a 124 sujetos de los cuales

fueron eliminados 37; 28 sujetos por no cumplir los criterios de elegibilidad, 3 por no firmar el consentimiento informado y 6 se retiraron de la investigación. Finalmente se obtuvo una muestra de 87 sujetos (20 hombres y 67 mujeres), entre 18 y 23 años 11 meses, que permite estimar una sensibilidad y especificidad de 70% respectivamente (resultados que se pretendía obtener en este estudio) con un margen de variabilidad del 25% y un nivel de confianza del 95%. La prevalencia de hipoacusia fue estimada en 15%, cifra basada en la información proporcionada en el estudio publicado por Díaz, Goycoolea y Cardemil (2016)<sup>6</sup>.

Se aplicaron las fórmulas de tamaño muestral para evaluar capacidades diagnósticas<sup>7</sup>, en particular, sensibilidad esperada y especificidad esperada:

$$n \geq \frac{z^2 \cdot S(1-S)}{d^2 \cdot Pr} \quad n \geq \frac{z^2 \cdot E(1-E)}{d^2 \cdot (1-Pr)}$$

El tamaño de muestra adecuado fue el valor más alto obtenido de las dos expresiones ya que permite satisfacer los parámetros antes vistos. En consecuencia, al reemplazar los parámetros en las ecuaciones, se tienen que:

$$n \geq \frac{1,96^2 \cdot 0,70(1-0,70)}{0,25^2 \cdot 0,15} \approx 87 \quad n \geq \frac{1,96^2 \cdot 0,70(1-0,70)}{0,25^2 \cdot (1-0,15)} \approx 43$$

El estudio fue autorizado por el Comité de Bioética de la Universidad del Bío Bío. Los sujetos que participaron voluntariamente en el estudio firmaron el consentimiento informado. En cuanto a los criterios de elegibilidad, se incluyeron en el estudio a estudiantes de fonoaudiología de la Universidad del Bío Bío con edades entre 18 a 23 años 11 meses. Se excluyeron del estudio a todas las personas con diagnóstico previo de: hipertensión arterial, hipotiroidismo, patología auditiva conductiva, resistencia a la insulina, diabetes *mellitus*, dislipidemia, consumo de ototóxicos (durante los últimos dos meses, independiente de la vía de administración), alto nivel de dependencia a la nicotina (*test* de Fagerström entre 5 y 10 puntos) y presencia de hipomelanina de la retina.

A los sujetos se les aplicó una anamnesis, el *test* de Fagerström y algunas preguntas del cuestionario de hábitos auditivos recreacionales (CHAR)<sup>8</sup>. Luego los sujetos fueron citados al Laboratorio de Fonoaudiología de la Universidad del Bío-Bío, donde se les realizó una otoscopia en

la cual se debía pesquisar ausencia de tapón de cerumen e indemnidad de membrana timpánica mediante un otoscopio (Welch Allyn) modelo *Pocket Junior* y una impedanciometría con curva tipo A según Jerger<sup>9</sup> y presencia de reflejo acústico en las frecuencias 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz y 4.000 Hz para descartar patología conductiva<sup>9</sup> con el impedanciómetro (*Interacoustics*) modelo AT-235. Los voluntarios seleccionados en las etapas anteriores fueron sometidos a una audiometría tonal convencional entre las frecuencias 125 a 8.000 Hz con un audiómetro clínico (*Grason Stadler*) modelo GSI 61 y transductores supraaurales (*Telephonics*) TDH-50P calibrados según especificaciones ANSI S3.6 (1991)<sup>10</sup>. Posteriormente, se procedió a evaluarles los umbrales audiométricos tonales de alta frecuencia utilizando un transductor circumaural (*Sennheiser*) modelo HDA 200. Finalizado esto se dio por terminado el estudio con cada sujeto.

Para llevar a cabo el estudio, 3 evaluadores participaron de manera cegada, es decir, los evaluadores no tuvieron comunicación entre ellos, desconociendo los resultados de los exámenes. Uno de ellos realizó la audiometría convencional, un segundo evaluador aplicó la audiometría de alta frecuencia y un tercer evaluador realizó la valoración de los exámenes. Se empleó el método Hugson Westlake modificado para pesquisar los umbrales audiométricos aéreos convencionales y de alta frecuencia<sup>11</sup>. Se utilizó la presencia de escotoma en la frecuencia de 4.000 Hz (*gold standard*) en la audiometría convencional para clasificar a los sujetos como hipoacúsicos<sup>2-12</sup>. Luego, en la audiometría de alta frecuencia primero se realizó la conversión de umbrales medidos en dB HL a SPL, según metodología publicada por Frank (1990)<sup>13</sup>; posteriormente, se clasificó como hipoacúsicos a los sujetos que presentaron umbrales auditivos superiores, en una o más frecuencias, a los valores de normalidad aportados por Lagos y López (2016)<sup>14</sup>.

### **Análisis estadístico**

Se describieron las variables escalares e intervalares utilizando mediana, percentil 25 y percentil 75 dada la no distribución normal de las variables, la cual se comprobó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables cualitativas se describieron

con frecuencias absolutas y porcentajes. Para comparar se utilizaron las pruebas de Chi-cuadrado y test exacto de Fisher, en caso que las frecuencias esperadas fuesen <5. Además, se usaron las fórmulas de indicadores de prueba diagnóstica para calcular sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo. Las relaciones entre variables se hicieron considerando un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . Para realizar los cálculos estadísticos se empleó el programa STATA 14.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se describe la distribución de los 87 sujetos de la muestra, con una edad media de  $20,78 \pm 1,37$  años (mín =18; máx =23 años). Las edades que predominaron fueron 21 y 22 años, ambas con 25,29% (n =22) de la muestra estudiada. El 77,02% resultó ser de sexo femenino, mientras que el 35,63% cursa tercer año de la carrera de fonoaudiología (n =31). La Figura 1 presenta la

**Tabla 1. Distribución de los participantes del estudio según sexo, edad y año de carrera (n =87)**

Características generales		n	%
Sexo	Masculino	20	22,98
	Femenino	67	77,02
Edad (años)	18	5	5,74
	19	12	13,79
	20	18	20,69
	21	22	25,29
	22	22	25,29
	23	8	9,20
Año de carrera	Primero	17	19,54
	Segundo	20	22,99
	Tercero	31	35,63
	Cuarto	19	21,84

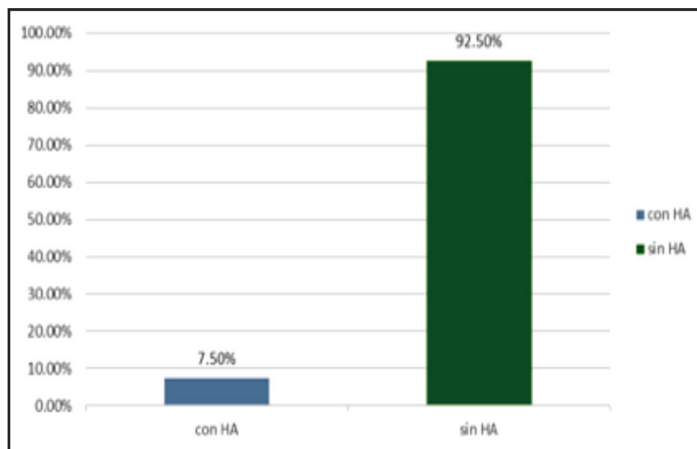


Figura 1. Presencia de hipoacusia inducida por ruido recreacional en los participantes del estudio.

hipoacusia inducida por ruido recreacional presente en la muestra. Las personas con hipoacusia equivalen al 7,5% (n =5) de la muestra total. La Tabla 2 presenta la presencia de hipoacusia en la muestra mediante la evaluación con la audiometría convencional y su distribución por sexo.

La Tabla 3 presenta la presencia de hipoacusia en la muestra mediante la evaluación con la audiometría de alta frecuencia y su distribución por sexo. El 40% de las personas de sexo masculino presenta hipoacusia, mientras que

el 38,8% para las personas de sexo femenino. La Figura 2 presenta la presencia de hipoacusia inducida por ruido recreacional mediante la evaluación con la audiometría convencional y de alta frecuencia, además de su distribución por tramo de edad.

La Figura 3 presenta los umbrales auditivos de alta frecuencia expresados en dB SPL encontrados en la muestra y sus valores de referencia. Se encontró que solo en la frecuencia 14.000 Hz la mediana excedió el valor de referencia.

**Tabla 2. Presencia de hipoacusia por ruido recreacional por sexo según la audiometría convencional**

Audiometría convencional	Sexo	
	Masculino	Femenino
Con hipoacusia	0 (0,0%)	5 (7,5%)
Sin hipoacusia	20 (100%)	62 (92,5%)
Total	20 (100%)	67 (100%)

Test exacto de Fisher p =0,261.

**Tabla 3. Presencia de hipoacusia inducida por ruido recreacional por sexo según la audiometría de alta frecuencia**

Audiometría de alta frecuencia	Sexo	
	Masculino	Femenino
Con hipoacusia	8 (40,0%)	26 (38,8%)
Sin hipoacusia	12 (60,0%)	41 (61,2%)
Total	20 (100%)	67 (100%)

Test exacto de Fisher p =0,561.

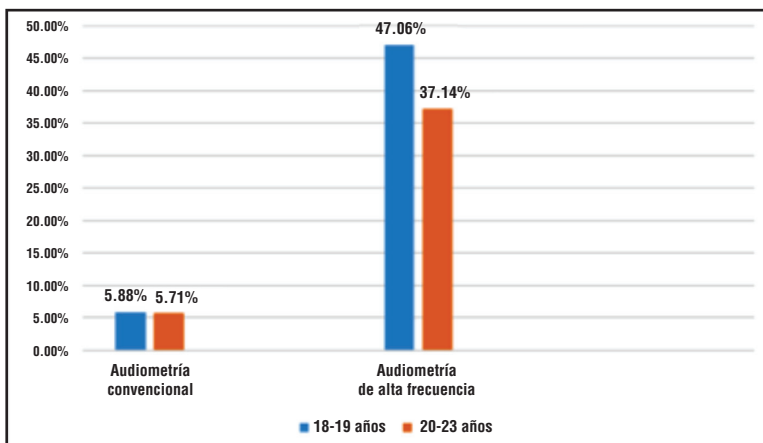


Figura 2. Presencia de hipoacusia inducida por ruido recreacional por edad según la audiometría convencional y de alta frecuencia. Audiometría convencional (AC):  $\chi^2$  (p =0,561). Audiometría de alta frecuencia (AAF): Test exacto de Fisher (p =0,672).

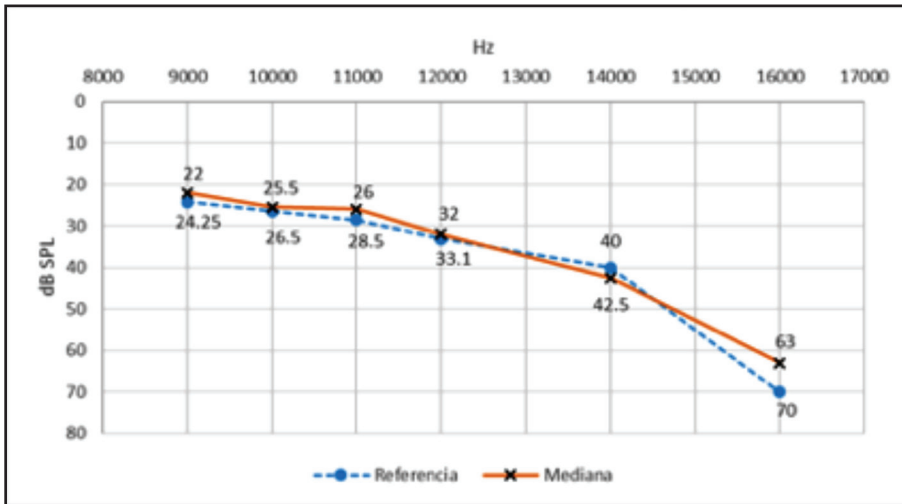


Figura 3. Umbrales auditivos de alta frecuencia (expresados en dB SPL) y valores de referencia<sup>9</sup>.

La Tabla 4 presenta la relación entre la presencia de hipoacusia inducida por ruido recreacional y los resultados de la audiometría de alta frecuencia. Se encontró una sensibilidad de 100% y especificidad de 64,60%. La razón de verosimilitud positiva muestra que con la audiometría de alta frecuencia hay 2,28 más veces de encontrar un sujeto con audiometría convencional positiva (con hipoacusia). En términos de probabilidades (basado en una prevalencia de 5,74%), utilizando la clasificación de AAF “con hipoacusia”, la posibilidad de presentar una alteración medida por la audiometría convencional es del 14,70% (VPP). Por otro lado, el valor predictivo negativo (VPN), muestra que

existe 100% de probabilidad que un sujeto clasifique como “sin hipoacusia” dado que la AAF lo mostró como “sin hipoacusia”.

## DISCUSIÓN

El propósito del estudio fue determinar la utilidad diagnóstica de la audiometría de alta frecuencia en la detección precoz de hipoacusia en sujetos que se exponen a ruido de forma recreacional. La muestra estudiada correspondió a un grupo de 87 personas, 20 hombres y 67 mujeres, lo cual es una limitación en el estudio, atribuida principalmente a que en

**Tabla 4. Capacidad diagnóstica de la audiometría de alta frecuencia para evaluar hipoacusia inducida por ruido recreacional con *gold standard* audiometría convencional**

Audiometría alta frecuencia	Audiometría convencional	
	Con hipoacusia	Sin hipoacusia
Con hipoacusia	5 (100%)	29 (35,40%)
Sin hipoacusia	0 (0,0%)	53 (64,60%)
Total	5 (100%)	82 (100%)

Prueba exacta de Fisher ( $p=0,01$ ) Sensibilidad: 100% IC 95% (90,00-100,00).

Falso negativo: 0,00%. Especificidad: 64,63% IC 95% (53,68-75,59).

Falso positivo: 35,40%. Valor predictivo positivo: 14,70% IC 95% (1,33-28,08).

Valor predictivo negativo: 100% IC 95% (99,06-100,00). Razón de verosimilitud positiva: 2,83. IC 95% (2,11-3,79). Razón de verosimilitud negativa: 0,00. Prevalencia estimada con la muestra (prevalencia preprueba): 5,74%.

la carrera de fonoaudiología de la Universidad del Bío-Bío son las mujeres las predominantes. De lo anterior se desprende que no existe relación entre el sexo y la presencia de hipoacusia para la audiometría convencional ( $p = 0,261$ ) ni tampoco para la audiometría de alta frecuencia ( $p = 0,561$ ). Estos datos son concordantes con los estudios realizados por Lagos y López<sup>14</sup>, Conrado y cols<sup>15</sup>, Sahyeb y cols<sup>16</sup>, y Mehrparvar y cols<sup>17</sup>.

El presente estudio comparó los umbrales audiométricos en relación a dos tramos de edad, 18 a 19 años y 20 a 23 años, con la finalidad de poder establecer relaciones entre umbrales auditivos de alta frecuencia con el estudio normativo de Lagos y López (2016)<sup>14</sup>. En cuanto a la edad, el 71,27% de los participantes presentaron edades entre los 20 y 22 años. Para analizar los umbrales audiométricos los sujetos fueron agrupados en dos rangos 18 a 19 años y 20 a 23 años. El estudio arrojó que el diagnóstico de hipoacusia, medida con audiometría convencional ( $p = 0,672$ ) y con alta frecuencia ( $p = 0,564$ ), no se relaciona con la edad. Esto se contrapone a lo publicado por Albera y cols y Mehrparvar y cols quienes indican que sí encuentran dependencia estadística entre los umbrales auditivos de alta frecuencia y la edad<sup>17,18</sup>. Esto se puede atribuir a la mayor amplitud etaria utilizada por los investigadores antes citados o a la distribución no equitativa en la muestra según rangos etarios, además de la variabilidad biológica presentada en la muestra.

En relación a los resultados obtenidos en la audiometría de alta frecuencia se puede apreciar que el valor de la mediana de los umbrales auditivos aumenta a medida que la frecuencia evaluada es más aguda (la agudeza auditiva se deteriora). Esto se podría explicar por la fatiga de la espira basal, segmento anatómico que contiene a las células ciliadas responsables de codificar los sonidos agudos, debido a que todos los estímulos vibratorios desencadenan una onda viajera la cual inicia su desplazamiento en la base de la cóclea, independiente de la tonalidad de la onda sonora<sup>15-20</sup>. De lo anterior se puede indicar que las altas frecuencias se alteran de manera subclínica (antes que el sujeto perciba alteración auditiva), es decir, sin que se alteren las frecuencias convencionales. La aplicación de esta prueba como elemento de prevención y detección precoz es relevante particularmente en

población joven, debido a los factores de riesgo a los que están expuestas estas edades (ruido de origen recreativo).

Uno de los atributos de la audiometría de alta frecuencia corresponde a su utilidad para detectar tempranamente las alteraciones auditivas subclínicas, particularmente en sujetos que consumen medicamentos ototóxicos y aquellos expuestos a ruido laboral y/o recreativo. Mediante estudios en modelo animal se ha determinado el orden de las estructuras anatómicas dañadas por el efecto del ruido: primero, se alteran las neuronas cocleares, luego sus conexiones sinápticas y, finalmente, las sinapsis con el nervio coclear pueden afectar incluso cuando las células ciliadas sobrevivan<sup>21</sup>. Estos mecanismos refieren a la hipoacusia oculta, la cual involucra dificultades perceptivas para discriminar el habla en ambiente ruidoso incluso cuando los umbrales audiométricos (convencionales) se encuentren en rango de normalidad. Kujawa y Liberman (2009) aplicaron ruido a ratones para producir en ellos deterioro temporal de sus umbrales auditivos. Los resultados reportados indicaron que no hubo pérdidas de células ciliadas, sin embargo, los deterioros fueron 40% mayor en la base coclear<sup>22</sup>. Esto podría sugerir que explorar las regiones basales de la cóclea mediante audiometría de alta frecuencia puede ser relevante, incluso cuando el sujeto presente historia de exposición a ruido y umbrales audiométricos convencionales normales.

El estudio arrojó que el 7,5% ( $n = 5$ ) de los participantes presentaron hipoacusia neurosensorial inducida por ruido. Esto difiere de algunos estudios como el de Martínez y cols<sup>23</sup> que obtuvieron 22,7% de sujetos con hipoacusia y Serra, Biasoni & Richter (2005) con 30,3%<sup>24</sup>. Esto podría explicarse debido a que los estudios mencionados fueron prospectivos por tanto los sujetos pudieron verse expuestos por más tiempo al ruido emitido por fuentes recreativas.

### ***Propiedades diagnósticas de la audiometría de alta frecuencia. Consistencia interna***

Ahora bien, la consistencia interna de la audiometría de alta frecuencia se destaca el 100% de sensibilidad. Esto se traduce en la probabilidad de que un paciente con hipoacusia neurosensorial por exposición a ruido recreativo sea identificado

como tal por la audiometría de alta frecuencia es del 100%, por lo tanto, representa una herramienta diagnóstica con buena utilidad clínica en este contexto. Por su parte, la especificidad alcanza 64,6%, es decir, la probabilidad de que un paciente sin hipoacusia neurosensorial por exposición a ruido recreativo sea identificado como tal por la audiometría de alta frecuencia es del 64,6%, considerado aceptable.

Los falsos positivos corresponden a 35,4%. Esto implica que el 35,4% de los pacientes sin hipoacusia por exposición a ruido recreativo dieron un resultado positivo en la audiometría de alta frecuencia, por lo tanto, serán diagnosticados como falsamente enfermos. En otras palabras, la probabilidad de que un paciente sin hipoacusia neurosensorial por exposición a ruido recreativo sea identificado como hipoacúsico por la audiometría de alta frecuencia es del 35,4%. Los falsos negativos de la audiometría de alta frecuencia corresponden a 0,0%. Esto quiere decir que la probabilidad de que un paciente con hipoacusia neurosensorial por exposición a ruido recreativo sea identificado como sin hipoacusia (normoyente) por la audiometría de alta frecuencia es del 0,0%.

La sensibilidad y especificidad son parámetros intrínsecos a la prueba diagnóstica que permiten determinar su validez. Sin embargo, carecen de utilidad clínica, ya que informan sobre la probabilidad de obtener un resultado, positivo o negativo, según la verdadera condición del paciente respecto a la enfermedad<sup>25</sup>. Justamente, esto último se desconoce a priori y, por tanto, la forma de abordar a un paciente habitualmente es en el sentido contrario; es decir, al contar con un resultado (positivo o negativo) de la prueba, el clínico se plantea cuál es la probabilidad de que el paciente esté verdaderamente enfermo o sano, es decir, hace uso de un valor predictivo.

#### **Validez externa. Valores predictivos**

Los valores predictivos proporcionan estimaciones de la probabilidad de la enfermedad<sup>26</sup>. Para determinar esta probabilidad se contrasta el resultado de la prueba diagnóstica (audiometría de alta frecuencia) con el *gold standard* (audiometría convencional). El valor predictivo positivo va a ser menor a medida que la prevalencia de

la enfermedad sea baja, al contrario de lo que sucede con el valor predictivo negativo, el cual aumenta<sup>27,28</sup> como es el caso del presente estudio. El valor predictivo positivo calculado implica que la probabilidad de que un paciente con resultado positivo (alterado) en la audiometría de alta frecuencia presente hipoacusia neurosensorial por exposición a ruido es del 14,7%. En contraste, el valor predictivo negativo arroja que la probabilidad de que un paciente con resultado negativo (normal) en la audiometría de alta frecuencia no presente hipoacusia neurosensorial por exposición a ruido es del 100%. Lo anterior se puede explicar debido a que la prevalencia de la enfermedad en el presente estudio es del 7,5%. Los valores predictivos son dependientes de la prevalencia de la enfermedad en la población estudiada y, a su vez, se relacionan con la sensibilidad y especificidad. En relación a la prevalencia, si ésta es alta, "un resultado positivo tiende a confirmar la presencia de la enfermedad, mientras que, si la prevalencia es baja, un resultado positivo no permitirá afirmar su existencia"<sup>25</sup>. Por su parte, cuanto más sensible sea una prueba, mayor será su valor predictivo negativo y, al contrario, cuanto más específica sea la prueba, mejor será el valor predictivo positivo<sup>29</sup>.

#### **Razones de verosimilitud**

Este índice expresa a su vez, en un único índice, la sensibilidad y especificidad de la prueba diagnóstica. Las razones de verosimilitud se definen como cuántas veces es más probable que un paciente con la enfermedad tenga un determinado resultado en el *test* que en sujetos sin la enfermedad<sup>26</sup>. La razón de verosimilitud positiva indica que la probabilidad de dar un resultado positivo en una audiometría de alta frecuencia es 2,83 veces mayor en los sujetos con hipoacusia neurosensorial por exposición a ruido recreativo que en los no hipoacúsicos. Por su parte, la razón de verosimilitud negativa indica que la probabilidad de dar un resultado negativo en una audiometría de alta frecuencia es 0 veces mayor en los sujetos con hipoacusia neurosensorial por exposición a ruido recreativo que en los no hipoacúsicos.

Las razones de verosimilitud son los parámetros más útiles para evaluar la precisión diagnóstica de una prueba ya que no dependen de la

prevalencia y, a su vez, presentan una relación matemática directa con las probabilidades preprueba y posprueba. Esto permite revisar la probabilidad *a priori* de una enfermedad en un paciente al conocer el resultado de una prueba diagnóstica y su razón de verosimilitud<sup>30</sup>. Sin embargo, según Sedighi (2013), al analizar las razones de verosimilitud en la práctica clínica se debiera realizar un ajuste para obtener la probabilidad posprueba, es decir, cuánto varía<sup>31</sup>. Para ello se puede utilizar un nomograma o la probabilidad pretest, la que debe ser convertida a Odds y esta última, convertida a probabilidad posprueba. En el presente estudio se obtuvo una probabilidad preprueba (Odds) de 6% y la probabilidad posprueba (Odds) correspondiente a 15%, visualizado en nomograma de Fagan (Figura 4).

Estos porcentajes representan la probabilidad de que un paciente tenga la enfermedad antes de solicitar alguna prueba diagnóstica y al solicitar la audiometría de alta frecuencia. Es decir, se puede estimar cuánto incide el resultado de una prueba diagnóstica en la probabilidad de que un paciente tenga una enfermedad. Se destaca que en la muestra incrementa la certeza diagnóstica a más

del doble. Finalmente, las limitaciones del presente estudio corresponden al empleo de muestreo no probabilístico y la carencia de control, de parte de un médico, para descartar patologías presentes no diagnosticadas previamente, además del sesgo de memoria de parte de los sujetos en estudio, presente al aplicar la anamnesis.

### CONCLUSIÓN

Con base en los datos obtenidos en la aplicación de la audiometría convencional y audiometría de alta frecuencia en sujetos expuestos a ruido recreacional se concluye que de acuerdo a los resultados obtenidos se sugiere que la audiometría de alta frecuencia puede ser utilizada para monitorizar la audición de los sujetos, comprobando que efectivamente los umbrales auditivos de alta frecuencia se encuentren dentro de rangos normales. Lo anterior, dado por sus valores de sensibilidad, valor predictivo negativo, razón de verosimilitud negativa y por el aumento entre la probabilidad preprueba (6%) y posprueba (15%).

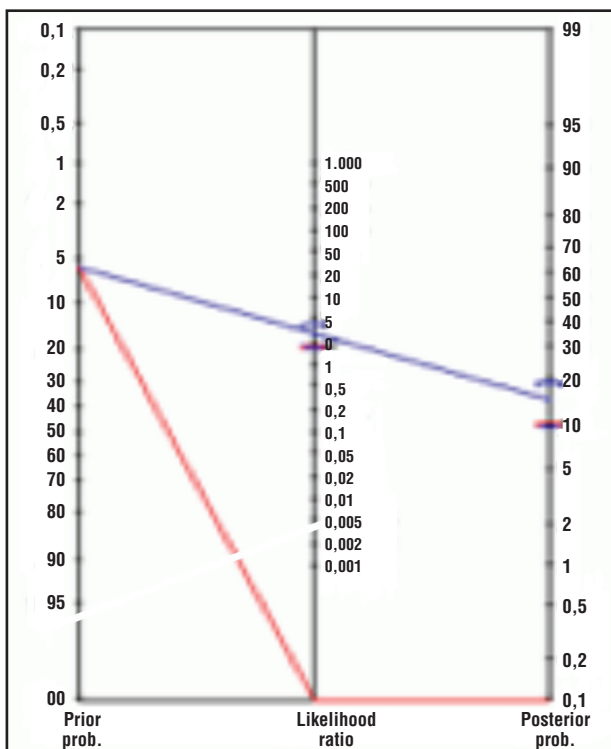


Figura 4. Nomograma de Fagan (probabilidad preprueba y posprueba).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Real Academia Española. Diccionario de la lengua española (22.ed.). Madrid, España. 2001.
2. WERNER A. Afecciones auditivas de origen ocupacional. Buenos Aires: dosyuna, ediciones argentinas. 2006.
3. GARCÍA M, TORRES M, TORRES A, ALFONSO E, CRUZ F. Audiometría de altas frecuencias: utilidad en el diagnóstico audiológico de la hipoacusia inducida por ruidos. *Archivo Médico de Camagüey* 2017; 21: 584-91.
4. BREINBAUER H, ANABALÓN J, GUTIÉRREZ D, CARO J. Estimación de riesgos y hábitos de uso de reproductores de música personal en una muestra de población chilena. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* 2011; 71: 31-8.
5. FARFÁN C, RINGO L, FRESIA S. Audición de alta frecuencia en sujetos expuestos a ruidos. *Revista Chilena de Tecnología Médica* 2005; 25: 1178-86.
6. DÍAZ C, GOYCOOLEA M, CARDEMIL F. Hipoacusia: Trascendencia, Incidencia Y Prevalencia. *Rev Médica Clínica Las Condes. Clínica Las Condes* 2016; 27: 731-9.
7. HAJIAN-TILAKI K. Sample size estimation in diagnostic test studies of biomedical informatics. *J Biomed Inform* 2014; S1532-0464(14)00050-1.
8. FUENTES E, CARDEMIL F. Validación de criterio y constructo para la creación de un cuestionario de exposición a ruido. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* 2014; 74: 21-30.
9. JERGER, J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otorinol* 1970; 92: 311-24.
10. JIANG T. Important Revision of ANSI S3.6-1989: ANSI S3.6-1996 American National Standard Specification for Audiometers. *Revue D'orthophonie et D'audiologie* 1998; 22: 5-9.
11. HUGHSON W, WESTLAKE H. Manual for program outline for rehabilitation of aural casualties both military and civilian. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol*, 1944; 48, 1-15.
12. NAIK K, PAI S. High frequency hearing loss in students used to ear phone music: a randomized trial of 1000 students. *Indian Journal of Otology* 2014; 20: 29-32.
13. FRANK T. High Frequency hearing thresholds in young adults using a commercially available audiometer. *Ear Hear* 1990; 11: 450-4.
14. LAGOS G, LÓPEZ M. Estudio normativo: Umbrales auditivos de alta frecuencia (9-20 kHz) en normoyentes entre 8 años y 23 años y 11 meses, pertenecientes a la ciudad de Chillán. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* 2016; 76: 31-42.
15. CONRADO L, TAVARES M, TOMITA S, MONTE S, SANTOS G, RODRIGUEZ T. Analysis of high frequency auditory thresholds in individuals aged between 18 and 29 years with no otological complaints. *Revista Brasileira de Otorrinolaringología*, 2007; 73: 215-25.
16. SAHYEB D, COSTA O, ALVERENGA K. Audiometria de alta frequência: estudo com indivíduos audiológicamente normais. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2003; 69: 93-9.
17. MEHRPARVAR A, MIRMOHAMMADI S, GHOREYSHI A, MOLLASEDEGHI A, LOUKZADEH Z. Audiometría de alta frecuencia: Un medio para el diagnóstico precoz de la pérdida de audición inducida por ruido. *Ruido y Salud* 2011; 13: 402-6.
18. ALBERA R, LACILLA M, PIUMETTO E, CANALES A. Noise-induced hearing loss evolution: influence of age and exposure to noise. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2010; 256: 665-7.
19. CASAMITJANA J. Anatomía y fisiología de oído. En: Salesa E, Perelló E, Bonavida A, *Tratado de Audiología*. Barcelona: Elsevier Masson, 2005; 3-20.
20. ALVARADO E, SANTILLÁN S. Simulación de la propagación de ondas dentro de la cóclea. *Nova Scientia* 2011; 3: 51-63.
21. LIBERMAN M, KUJAWA S. Cochlear synaptopathy in acquired sensorineural hearing loss: Manifestations and mechanisms. *Hearing Res* 2017; 349: 138-47.
22. KUJAWA SG, LIBERMAN MC. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after "temporary" noise-induced hearing loss. *J Neurosci* 2009; 29: 14077-85.
23. MARTÍNEZ M, SOTO C, FERRE I, ZAMBRANO E, NOGUEZ L, Y POBLANO A. Sensorineural hearing loss in high school teenagers in Mexico City and its relationship with recreational noise. *Cuadernos de Saúde Pública* 2009; 25, 2553-61.
24. SERRA M, BIASSONI E, RICHTER U. Recreational noise exposure and its effects on the hearing of

- adolescents. *International Journal of Audiology* 2005; 65-73.
25. PITA S, PÉRTEGAS S. Unidad de epidemiología clínica y bioestadística. Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña (España). *Cad Aten Primaria* 2003; 10: 120-4.
26. BRAVO-GRAU S, CRUZ J. Estudios de exactitud diagnóstica: Herramientas para su Interpretación. *Revista Chilena de Radiología* 2015; 21:158-64.
27. FLORKOWSKI CM. Sensitivity, specificity, receiver-operating characteristic (ROC) curves and likelihood ratios: communicating the performance of diagnostic tests. *Clin Biochem Rev* 2008; 29: S83-7.
28. LOONG TW. Understanding sensitivity and specificity with the right side of the brain. *BMJ* 2003; 327: 716-9.
29. FLETCHER R, FLETCHER S. Epidemiología Clínica. Barcelona, España. 4ª edición ISBN edición española: 978-84-96921-00-9. 2008.
30. SIMUNDIC A. Diagnostic accuracy – Part 2 Predictive value and likelihood ratio. 2009. Disponible en: <https://acutecaretesting.org/en/articles/diagnostic-accuracy--part-2brpredictive-value-and-likelihood-ratio>. [Consultado el 26 de mayo de 2019].
31. SEDIGHI I. Interpretation of Diagnostic Tests: Likelihood Ratio vs. Predictive Value. *Iran J Pediatr* 2013; 23: 717.

---

Correspondencia: Diego Olivares González  
Hospital Comunitario de Salud Familiar de Coelemu Dr. Eduardo Contreras Trabucco  
Manuel Antonio Matta 370, Coelemu, Chile  
E mail: diego.olivares.g@redsalud.gob.cl