

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

Normative study: High frequency hearing thresholds (9-20kHz) in normal-hearing patients in between the ages of 8 and 23 years and 11 months old, from Chillan city

Gabriel Lagos R¹, Miguel López E².

RESUMEN

Introducción: Diversos estudios evidencian que la audiometría de alta frecuencia cumple un importante rol en la detección temprana de pérdida auditiva; sin embargo, en Chile aún no se dispone de una normativa para su aplicación clínica.

Objetivo: Normalizar los umbrales audiométricos de alta frecuencia (9-20 kHz) en normoyentes entre 8 y 23 años y 11 meses pertenecientes a la ciudad de Chillán.

Material y método: No experimental, tipo descriptivo y corte transversal. Se evaluaron a 259 sujetos normoyentes, estudiantes de enseñanza básica, media y universitaria. A la muestra se le aplicó una audiometría de alta frecuencia, empleando un audiómetro (Gradson Stadler) GSI 61 con fonoauriculares (Sennheiser) HDA 200.

Resultados: Los umbrales auditivos incrementaron su valor según la edad y frecuencia. No se encontraron diferencias significativas según sexo. Se observaron diferencias significativas interaural en 9, 10 y 14 kHz. Los valores de los umbrales se presentaron en percentiles, considerando como normalidad aquellos ubicados entre el P10 y P75.

Conclusión: Esta norma podría ser utilizada como referencia de normalidad para pesquisar tempranamente a sujetos en riesgo de pérdida auditiva y tomar las acciones sanitarias más pertinentes a cada caso en particular, empleando equipamiento similar.

Palabras clave: Audiometría de tonos puros, umbral auditivo, estándares de referencia.

ABSTRACT

Introduction: There are several studies showing that high frequency audiometry serves the important purpose in hearing loss early detection; nonetheless, Chile does not have a standard regulation for clinical implementation of the previously mentioned exam.

¹ Fonoaudiólogo. Departamento de Ciencias de la Rehabilitación en Salud. Facultad de Ciencias de la Salud y de los Alimentos. Universidad del Bío Bío.

² Metodólogo. Departamento de Ciencias de la Rehabilitación en Salud. Facultad de Ciencias de la Salud y de los Alimentos. Universidad del Bío Bío.

Aim: To standardize high frequency thresholds (9-20) in patients with normal hearing in between the ages of 8 and 23 years and 11 months old from Chillan city.

Material and method: Non-experimental, descriptive and held in a transversal lapse of time. 259 normal-hearing subjects were evaluated, belonging to elementary, middle, high school and higher -university- levels of education. All subjects underwent a high-frequency audiometry for which was used a (Gradson Stadler) GSI 61 audiometer, with (Sennheiser) HDA 200 headphones.

Results: It was observed that high-frequency thresholds tended to increase their figures according to age and frequency requirements. No meaningful differences –regarding male or female subjects– were found, although there were note worthy differences in 9, 10 and 14kHz frequencies. The numbers of the thresholds were presented as percentiles, considering ‘normal’ those located in between P10 and P75.

Conclusion: This regulation can be used as a point of reference for normality in order to early detect subjects having a hearing loss risk, and to also take health-related action suitable for each particular case, by using similar equipment to the one described in this study.

Key words: Audiometry Pure-Tone, auditory threshold, reference standards.

INTRODUCCIÓN

La hipoacusia es un problema de salud pública a nivel mundial. En efecto, aproximadamente el 5% de la población mundial sufre una pérdida de audición discapacitante, 328 millones de adultos y 32 millones de niños, pertenecientes principalmente a países de ingresos bajos y medianos¹. No obstante, la tendencia actual arroja que las personas con deficiencia auditiva son cada vez más jóvenes en los países desarrollados a causa de exposición excesiva al ruido².

En Chile 11,5% de las personas entre 21 y 45 años presentan al menos un problema de audición³ mientras que 32,7% declaró percibir al menos un problema de audición⁴. Debido a lo anterior, la detección temprana de la hipoacusia se ha convertido en un proceso fundamental para fortalecer la prevención de daños funcionales de la audición y el lenguaje⁵. En efecto, existen pruebas objetivas y subjetivas orientadas a detectar precozmente la pérdida auditiva⁶ informando sobre la salud coclear en el rango frecuencial situado entre 0,125 y 8 kHz.

La audiometría de alta frecuencia (AAF), entendida como “la evaluación de umbrales auditivos aéreos en el intervalo de 9 kHz a 20 kHz”⁷ es considerada actualmente como un examen complementario que sirve para detectar la hipoacusia en etapa subclínica^{8,9}, aun cuando los umbrales audiométricos convencionales se encuentren dentro de

rangos de normalidad¹⁰ debido a que aporta información sobre eventos fisiopatológicos producidos en la base del conducto coclear¹¹⁻¹⁴ evitando con ello que el deterioro alcance a las frecuencias del habla¹². Por este motivo puede ser empleada como método de detección temprana y monitorización de la hipoacusia inducida por ruido¹⁵⁻¹⁸, ototoxicidad^{19,20}, insuficiencia renal^{21,22}, otitis medias^{23,24}, detección del tinnitus²⁵⁻²⁷, y otros procesos degenerativos del órgano espiral.

En general, existe escasa evidencia respecto a puntos de cortes específicos o valores percentilares orientados a establecer UAF normalizados. En concreto sólo existen estudios extranjeros que reportan puntos de corte para los distintos umbrales auditivos^{13,28-30}. De hecho, aún no existe consenso para utilizar valores normativos de los umbrales de alta frecuencia en población infantil y adulta²⁹. Esto se debe principalmente a que una gran cantidad de variables inciden en el testeo de los umbrales auditivos tales como las múltiples técnicas de búsqueda del umbral auditivo empleadas (Tabla 1), heterogeneidad del equipamiento utilizado, tanto audiómetros como fonoculares, (Tabla 2) que ofrecen las empresas especializadas.

Al respecto, en Chile la audiometría de alta frecuencia no es considerada formalmente en las baterías de pesquizaje de hipoacusia. Esto podría deberse, probablemente, a la limitada aplicación clínica a lo largo del país y a que no se cuenta con valores normativos, de tal modo que dificulta su

Tabla 1. Cuadro comparativo entre investigaciones que estudian los umbrales de alta frecuencia según muestra, rango etario y equipamiento empleado

Autor	N (sujetos)	Rango edad (años)	Audiómetro	Transductor	Frecuencias (kHz)	Umbrales auditivos (dB SPL/HL)
Reuter et al (1998)	47	4 - 7	Efeu Co.(A120)	Sennheiser HDA-200	10- 12- 16 y 20	dB SPL
Martínez & Fernández (2003)	39	6 - 12	Gradson Stadler (GSI 61)	Sennheiser HDA-200	10 -12- 16 y 20	dB HL
Beahan et al (2009)	129	4 - 13	Interacoustics (AC -40)	Koss R/80	8-9-10-11-12-14 y16	dB SPL
Lopes et al (2007)	30	7 - 13	Siemens (SD50)	Sennheiser HDA-200	9 -10-11-12-14 y 16	dB HL
Sahyeb et al (2003)	50	18 - 30	Siemens (SD50)	Sennheiser HDA-200	9 -10-11-12-14 y 16	dB HL
Zeigelboim et al (2004)	30	20 - 30	Interacoustics (AC -40)	Koss HV/PRO	9-10-11-12-14 y16	dB SPL
Sakamoto et al (1998b)	65	10 - 69	Demlar (20K)	Koss HV/1A Plus	9-10-11-12-14- 16- 18 y 20	dB SPL
Northern et al (1971)	237	20 - 60+	Tracor ARJ - HF	Micrófono 1/8 pulgada inserto en CAE	8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 16 y 18	dB SPL
Barbosa et al (2007)	51	18 - 29	Amplaid (460)	Sennheiser HD 520 II	9-10-11-12-14 y16	dB HL

Tabla 2. Cuadro comparativo entre investigaciones que estudian los umbrales de alta frecuencia de acuerdo a la metodología empleada

Autor	Criterios de inclusión	Método de búsqueda del umbral auditivo
Reuter et al (1998)	Anamnesis, inspección otológica, evaluación de inmitancia acústica (curva tipo A) y umbrales tonales liminares igual o menores a 20 dB. en 0.125, 0.25, 5, 1, 2, 4 y 8 kHz.	Técnica descendente con intervalos de 5 dB.
Beahan et al (2009)	Anamnesis, inspección otológica, evaluación de inmitancia acústica (curva tipo A) y umbrales tonales liminares igual o menores a 20 dB. en las frecuencias 0.5, 1, 2, y 4 kHz. al menos en un oído	Técnica descendente con intervalos de 5 dB.
Lopes et al (2007)	Anamnesis, inspección otológica, evaluación de inmitancia acústica (curva tipo A), reflejos acústicos ipsi y contralateral presente en 5, 1, 2 y 4 kHz. y umbrales tonales liminares igual o menores a 20 dB. en las frecuencias 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 y 8 kHz.	Técnica descendente con variaciones de 10dB hasta que el sujeto no escuche y luego asciende en intervalos de 5 dB.
Sahyeb et al (2003)	Anamnesis, inspección otológica, evaluación de inmitancia acústica (curva tipo A), reflejos acústicos ipsi y contralateral presente en 5, 1, 2 y 4 kHz. y umbrales tonales liminares igual o menores a 20 dB en las frecuencias 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 y 8 kHz.	Técnica descendente con variaciones de 10 dB. hasta que el sujeto no escuche y luego asciende en intervalos de 5 dB.
Zeigelboim et al (2004)	Umbrales tonales liminares convencionales igual o menor a 20 dB. No informa frecuencias. Índice perceptual de reconocimiento de habla mayor a 92%	No informa
Sakamoto et al (1998)	Umbrales tonales liminares igual o menores a 15 dB. en las frecuencias 0.25, 5, 1, 2, 4 y 8 kHz.	Variaciones de 1 dB. No específica técnica
Northern et al (1971)	Los sujetos solo respondieron un cuestionario sobre historia de salud auditiva y una otoscopia	Variaciones de 1 dB. No específica técnica

utilización clínica para establecer diagnóstico precoz de hipoacusia en población de riesgo.

OBJETIVO

En consecuencia este trabajo tiene por objetivo aportar una normativa de los umbrales de alta frecuencia (9 - 20 kHz) que pueda ser utilizada para monitorear la audición de sujetos expuestos a ototóxicos, ruido recreacional y/o laboral con el fin de detectar la hipoacusia en etapa preclínica.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio de corte transversal. La muestra estuvo compuesta por 259 estudiantes de 8 a 23 años y 11 meses (95% de confianza ($Z_{1-\alpha/2} = 1,96$), una desviación típica estimada en $\alpha = 15$ dB, y una precisión de 1,9 dB), de los cuales 82 eran de enseñanza básica (de 8 a 14 años, 11 meses), 86 de enseñanza media (de 15 a 18 años, 11 meses) y 91 de enseñanza superior (de 19 a 23 años, 11 meses). Con las edades disponibles se construyeron cuatro grupos para estratificar los resultados: 8-11 años, 12-15 años, 16-19 y 20-23 años, respectivamente. Esta agrupación obedeció al rango de edad disponible para este estudio. Se priorizó que los rangos de edad fueran homogéneos en extensión de sus rangos y que la muestra contenida en cada uno de ellos haya sido suficiente para poder representar los umbrales normativos de forma adecuada y segura.

Se contactó a los jefes de las Unidades Técnico-Pedagógicas (UTP) de los colegios que decidieron participar voluntariamente de la investigación, y a los directores de las carreras del Campus Fernando May (sede Chillán) de la Universidad del Bío Bío para solicitar la participación de sus estudiantes y pedir contactarlos según sus horarios de clases. Los estudiantes de los colegios particulares y universitarios que accedieron participar en el estudio fueron seleccionados aleatoriamente.

En cuanto a los criterios de elegibilidad, se incluyeron a estudiantes entre 8 años y 23 años con 11 meses, con normalidad auditiva y manifestar su participación voluntaria en el estudio. Se excluyeron del estudio a todas las personas con

diagnóstico de hipertensión arterial, hipotiroidismo, resistencia a la insulina, diabetes mellitus, dislipidemia, hipoacusia de conducción, sensorineural y/o mixta y antecedentes genéticos de hipoacusia, consumo de ototóxicos, alto nivel de dependencia a la nicotina y consumo riesgoso de alcohol. También fueron excluidos sujetos con presencia de hipomelanina de la retina y exposición a ruido sobre 85 dB en las últimas 72 horas.

El estudio fue autorizado por el Comité de Bioética y Bioseguridad de la Universidad de procedencia de los estudiantes. A los sujetos mayores de 18 que fueron seleccionados aleatoriamente se les pidió su consentimiento informado y los participantes menores de 18 años dieron su asentimiento informado en presencia de su apoderado, mientras que éstos últimos firmaron un consentimiento informado autorizando la participación del menor de edad.

El trabajo de campo se inició contactando a los estudiantes seleccionados aleatoriamente para citarlos a una reunión informativa en sus respectivos lugares de estudio para indicarles el objetivo del estudio, pedirles sus consentimientos informados y agendar horarios para invitarlos al Laboratorio de Fonoaudiología de la Universidad del Bío Bío para confirmar los criterios de elegibilidad y aplicar las audiometrías.

Una vez en el laboratorio, se confirmaron los criterios de elegibilidad mediante un proceso de evaluación compuesto por la aplicación de una anamnesis clínica basada en el protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo (2011)³¹; la aplicación de una encuesta Audit³² para consumo de alcohol y Fagerström³² para el grado de dependencia a la nicotina (se incluyeron a sujetos que presentaron puntajes entre 0 y 7 puntos para las dos encuestas).

Luego, se realizó una impedanciometría para comprobar el correcto funcionamiento del oído medio con base a la obtención de una curva timpanométrica tipo A según Jerger (1970)³³ y la presencia de reflejo acústico ipsi y contralateral en las frecuencias 0,5 kHz – 1 kHz – 2 kHz y 4 kHz. Estas evaluaciones se ejecutaron con otoscopio (Welch Allyn), modelo Pocket Junior e impedanciómetro (Interacoustics), modelo AT-235.

Los sujetos que superaron dichas evaluaciones fueron sometidos a una audiometría tonal convencional, es decir, se midieron las frecuencias 0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 3, 4, 6, y 8 kHz para lo cual se utilizó el audiómetro clínico (Gradson Stadler) modelo GSI 61 y transductores supraaural (Telephonics) modelo TDH-50P calibrados según especificaciones ANSI S3.6 (1991)³⁴. Se consideró inclusiva la presencia de umbrales auditivos inferiores a 25 dB HL en la totalidad de las frecuencias por vía aérea. Una vez que los sujetos se incluyeron en el estudio, se procedió a evaluarles los umbrales audiométricos tonales de alta frecuencia.

Medición de los umbrales audiométricos para obtener la norma

Para obtener los umbrales de audiometría de alta frecuencia se utilizó un audiómetro clínico (Gradson Stadler), modelo GSI 61 y un transductor circumaural marca (Sennheiser), modelo HDA-200, calibrados según especificaciones ISO 389-5 (2006)³⁵ para emitir los estímulos auditivos. El audiómetro y los transductores fueron calibrados para cumplir con las especificaciones mencionadas anteriormente al momento del estudio.

Los sujetos fueron ingresados a una cámara silente, ubicada en una sala tratada acústicamente en el Laboratorio de Fonoaudiología. Posteriormente se les explicó que los fonoauriculares serán acomodados en la cabeza por los cuales percibirá tonos, los que disminuirán en intensidad y que deberá levantar la mano cada vez que esté seguro de escuchar el estímulo acústico. Posteriormente se cercioró que el sujeto haya comprendido la instrucción y luego se inició la evaluación del oído referido como de mejor audición.

La audiometría de alta frecuencia se llevó a cabo inmediatamente después de haber ejecutado la audiometría convencional. El evaluador ingresó a la cámara sonoamortiguada para cambiar los fonos TDH-50P por los HDA-200. Luego se constató la correcta estimulación de tonos puros para dar inicio a la evaluación del oído que haya referido mejor audición en la audiometría convencional. La medición del umbral auditivo por frecuencia fue realizada al azar; mediante la aplicación de la función aleatoria de Microsoft Excel 2007 con el fin de determinar el

orden de presentación de las frecuencias a evaluar por oído en cada individuo y evitar la respuesta condicionada de la persona evaluada.

Para efectuar la pesquisa de los umbrales audiométricos por vía aérea, se utilizó una técnica descendente, con intervalos de 10 dB hasta que el individuo no respondió. A partir de esa intensidad, la técnica se volvió ascendente con intervalos de 5 dB, hasta que el individuo volvió a oír. El umbral auditivo se estableció como el 50% de las respuestas obtenidas a tal intensidad.

Los umbrales audiométricos tonales de alta frecuencia fueron obtenidos inicialmente en decibeles HL. Posteriormente se convirtieron a decibeles SPL mediante factores de corrección aportados por la empresa (Gradson Stadler) para su audiómetro modelo GSI-61 y transductores (Sennheiser) HDA-200 basados en el estudio publicado por Frank (1990)³⁶. De esta manera los factores correctores para convertir dB. HL a dB SPL fueron +17, +21.5, +21, +27, +37.5, +58, +83 y +105 dB en 9, 10, 11.2, 12.5, 14, 16, 18 y 20 kHz, respectivamente. Esta conversión se realizó con la finalidad de comparar los resultados con otras publicaciones que entregan sus valores en dB SPL.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en la presente investigación se utilizó el programa Stata versión 9. Se describieron los umbrales audiométricos con mediana con rango intercuartílico (P75 -P23), más media aritmética y desviación típica. Dado que los valores de umbrales no pertenecieron a una distribución normal (con prueba de Kolmogorov-Smirnov, con $p > 0,05$), se aplicaron las pruebas no paramétricas de Wilcoxon (dos grupos, pareados) y H de Kruskal-Wallis (cuatro grupos de edad, estratificado por frecuencia), con nivel de significación de 5%.

Los valores normativos de umbrales audiométricos se presentaron según los percentiles de corte: 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95%, respectivamente.

RESULTADOS

En la Tabla 3 se describen las características generales de los 262 participantes del estudio, quien

Tabla 3. Distribución de las participantes del estudio según características generales (n =259)

Características generales	n	%
Sexo		
Masculino	145	56,0
Femenino	114	44,0
Edad. (años)	16,43 ± 4,18	
8 – 11 años,11 meses	43	16,6
12 – 15 años,11 meses	61	23,6
16 – 19 años,11 meses	85	32,8
20 – 23 años,11 meses	70	27,0

estuvo compuesta por 56% hombres (145/259) y el 44% de mujeres (114/259), una edad promedio de 16,43 ± 4,18 años, de los cuales el 32,8% presentó edades entre 16 y 19, 11 años (Tabla 3).

Los umbrales auditivos por oído presentaron diferencias estadísticamente significativas en las frecuencias que muestra la Tabla 4.

No se encontraron umbrales estadísticamente significativos por sexo. Respecto a los resultados por edad, entre los grupos de 16-19 años y 20-23 años de edad se encontró una variación de 2,41 dB entre el grupo más joven y el de mayor edad. Luego, entre 8-11 años con 12-15 años hubo una variación de 2,5 dB (Tabla 5).

La Tabla 6 presenta los puntos de corte de umbrales audiométricos por edad (en tramos) y frecuencia (kHz), encontrándose valores muy similares en los percentiles extremos de algunas frecuencias, por cuanto se propone que las interpretaciones se tomen en cuenta desde los percentiles 10 hasta el 90. La Figura 1 presenta la norma con punto de corte a nivel del P75.

DISCUSIÓN

Las normas corresponden a datos de desempeño que sirven para evaluar a un grupo de sujetos

Tabla 4. Valores medios de umbrales auditivos (dB. SPL) de los participantes del estudio según oído y frecuencia (n =259)

Frecuencia [kHz.]	Oído izquierdo	n	Oído derecho	n	p-valor *
9	17±10 (17,58 ± 7,95)	259	16,5±10,0 (20,25 ± 7,73)	259	<0,001
10	21,5±10 (22,83 ± 8,81)	259	21,5±10 (21,44 ± 8,11)	259	0,015
11	21,0±10 (23,12 ± 8,23)	259	21±10 (22,22 ± 7,85)	259	0,148
12	27,5±10 (27,64 ± 8,46)	259	27,5±10 (27,04 ± 8,61)	259	
14	32,5±15,0 (31,94 ± 10,10)	259	27,5±10,0 (29,78 ± 9,25)	259	0,001
16	53±15 (52,52 ± 12,47)	259	48±20 (52,85 ± 13,09)	259	0,563
18	78±25 (80,53 ± 13,81)	259	78±25 (80,70 ± 13,94)	259	0,679
20	105±10 (104,09 ± 8,74)	259	105±10 (103,63 ± 8,45)	259	0,329

$$p = \pm [p_{75} - p_{25}]$$

$$(\bar{x} = SD)$$

*Prueba de Wilcoxon (grupos pareados por frecuencia).

Tabla 5. Valores medios de umbrales auditivos (dB SPL) combinados según tramos de edad y frecuencia (n =259)

Frecuencia [kHz.]	Tramos de edad (años)				p-valor*
	8-11 (n=43)	12-15 (n=61)	16-19 (n=85)	20-23 (n=70)	
9	16,75±5,00 (17,80 ± 4,54)	19,25±8,75 (19,25 ± 7,40)	19,25±7,50 (18,84 ± 5,94)	19,25±10,00 (19,39 ± 7,60)	0,711
10	21,5±7,5 (20,63 ± 4,91)	19,00±8,75 (21,91 ± 7,43)	21,5±10,0 (22,33 ± 7,46)	21,5±12,5 (23,04 ± 8,29)	0,371
11	21,0±7,5 (22,86 ± 5,57)	21,0±7,5 (22,27 ± 7,08)	21,0±7,5 (21,88 ± 6,25)	22,25±10,00 (23,86 ± 7,69)	0,502
12	27,5±10,0 (26,92 ± 6,00)	25,0±10,0 (27,50 ± 7,97)	25,0±7,5 (25,91 ± 7,59)	27,50±8,75 (29,18 ± 8,05)	0,102
14	32,5±10,0 (30,76 ± 7,23)	30,0±10,0 (31,39 ± 7,94)	27,5±10,0 (29,85 ± 8,12)	30,0±17,5 (31,68 ± 9,78)	0,635
16	48,0±10,0 (50,09 ± 10,61)	48,0±12,5 (48,90 ± 9,14)	50,50±16,25 (53,06 ± 10,25)	55,5±25,0 (57,14 ± 13,62)	0,001
18	70,5±15,0 (74,80 ± 11,13)	70,5±15,0 (74,31 ± 10,83)	83,0±20,0 (82,03 ± 12,01)	89,25±18,13 (87,96 ± 11,79)	<0,001
20	102,5±12,5 (101,57 ± 7,58)	105,00±11,25 (102,79 ± 8,17)	105,0±10,0 (104,35 ± 7,91)	105,0±7,5 (105,61 ± 6,61)	0,061

$p = \pm [p_{75} - p_{25}]$
($\bar{x} = SD$)

*Prueba H de Kruskal-Wallis (comparación por grupo de edad y estratificado por frecuencia).

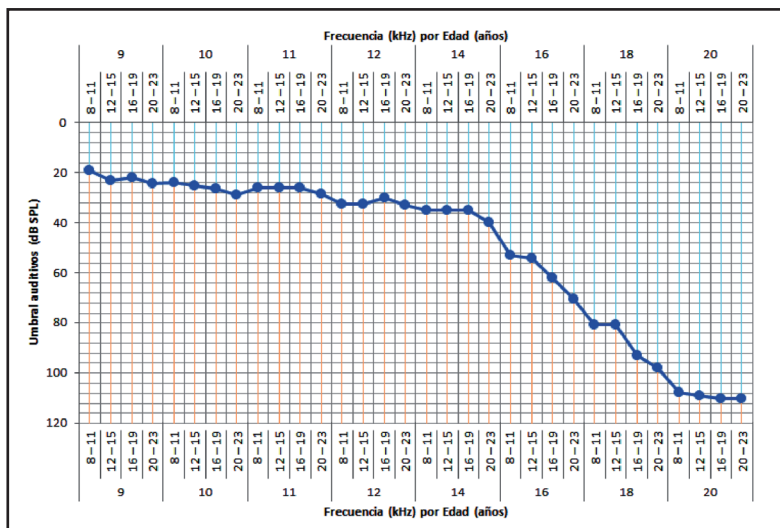


Figura 1. Umbrales auditivos normalizados (dB SPL), punto de corte P75, para oídos combinados según tramos de edad y frecuencia (n =259).

Tabla 6. Umbrales auditivos (dB SPL) combinados según tramos de edad y frecuencia (n =259)

Frecuencia [kHz.]	Tramos de edad (años)	Puntos de corte						
		P5	P10	P25	Mediana	P75	P90	P95
9	8 – 11	11,75	11,75	14,25	16,75	19,25	24,25	26,75
	12 – 15	9,25	11,75	14,25	19,25	23,00	28,50	39,00
	16 – 19	9,25	11,75	14,25	19,25	21,75	26,75	29,25
	20 – 23	8,13	9,50	14,25	19,25	24,25	31,50	34,25
10	8 – 11	12,00	16,50	16,50	21,50	24,00	28,00	31,50
	12 – 15	14,00	14,00	16,50	19,00	25,25	35,00	41,25
	16 – 19	9,00	14,00	16,50	21,50	26,50	31,50	35,75
	20 – 23	10,38	14,00	16,50	21,50	29,00	34,00	40,13
11	8 – 11	13,50	16,00	18,50	21,00	26,00	31,00	33,00
	12 – 15	13,50	13,50	17,88	21,00	26,00	33,50	38,25
	16 – 19	11,75	16,00	18,50	21,00	26,00	29,50	33,50
	20 – 23	13,50	16,00	18,50	22,25	28,50	36,00	39,63
12	8 – 11	17,50	20,00	22,50	27,50	32,50	35,00	37,50
	12 – 15	15,25	17,50	22,50	25,00	32,50	39,25	44,75
	16 – 19	13,25	17,50	22,50	25,00	30,00	36,00	41,00
	20 – 23	17,50	20,00	24,38	27,50	33,13	42,25	45,00
14	8 – 11	20,00	20,00	25,00	32,50	35,00	40,00	44,00
	12 – 15	20,00	22,50	25,00	30,00	35,00	44,25	47,25
	16 – 19	17,50	20,00	25,00	27,50	35,00	40,50	45,00
	20 – 23	17,50	20,00	22,50	30,00	40,00	45,00	51,13
16	8 – 11	38,00	38,00	43,00	48,00	53,00	70,50	73,00
	12 – 15	38,00	38,00	42,38	48,00	54,25	62,25	67,75
	16 – 19	39,75	40,50	45,50	50,50	61,75	68,00	72,25
	20 – 23	38,00	38,25	45,50	55,50	70,50	75,50	81,63
18	8 – 11	63,00	63,00	65,50	70,50	80,50	93,00	97,50
	12 – 15	63,00	63,00	65,50	70,50	80,50	92,25	95,50
	16 – 19	63,75	65,50	73,00	83,00	93,00	98,00	103,00
	20 – 23	65,75	70,50	79,88	89,25	98,00	103,00	105,50
20	8 – 11	88,00	90,00	95,00	102,50	107,50	110,00	112,50
	12 – 15	85,38	90,75	97,50	105,00	108,75	114,25	115,00
	16 – 19	88,50	94,50	100,00	105,00	110,00	113,50	117,50
	20 – 23	92,75	97,75	102,50	105,00	110,00	112,50	118,63

en una tarea determinada y que son utilizadas como referencia para interpretar las puntuaciones arrojadas por evaluaciones individuales³⁷. Ahora bien, actualmente en el país aún no se cuentan con valores normativos de los umbrales de alta frecuencia para emplearlos en evaluaciones clínicas, implicando que este examen se subutilice en el pesquizado y diagnóstico temprano de hipoacusia en población infantil, juvenil y adulta como también en el monitoreo de la patología ya instaurada.

Para obtener los datos normativos de los umbrales auditivos de alta frecuencia se intentó controlar múltiples patologías que tienen en común la generación de alteraciones en la espira basal coclear. Así bien, el consumo de tabaco³⁸ y alcohol³⁹, hipertensión arterial⁴⁰, diabetes⁴¹, hi-

potiroidismo⁴², hiperlipidemia⁴³, ototoxicidad¹² y exposición a ruido¹⁵ tienden a generar alteraciones de tipo vascular, metabólico, histológico y/o neural las cuales inicialmente se producen en la base del órgano de Corti¹⁰. Luego, la afección progresa hacia el ápice lo cual se evidencia en la disminución de los umbrales auditivos del segmento más agudo en primera instancia.

En relación a la variación interaural, los resultados obtenidos con nuestros datos son distintos a otros autores, debido a que algunos reportan diferencias por oído^{7,49}, y otros no^{30,46}. Por lo tanto, aún no existe consenso entre los autores sobre la variación significativa de umbrales auditivos por oído¹⁵, sin embargo, se postula que en los primeros años de vida los umbrales auditivos tienden

a ser simétricos entre los oídos, sin embargo, al avanzar la edad pueden variar entre 5 a 15 dB, dependiendo del rango etario y frecuencia¹⁰.

Según sexo, los resultados arrojaron que los umbrales auditivos de alta frecuencia para oídos combinados no presentaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las frecuencias evaluadas, concordando con algunos autores^{10,15,29,44}; por lo cual no se consideró relevante estratificar la normativa por sexo.

La norma ISO 389-5 (2006)³⁵ propone valores de umbrales de alta frecuencia desagregados por frecuencia en sujetos con edades entre 18 y 25 años (con datos extraídos de cinco estudios), cuyos resultados se asemejan a los encontrados en el percentil 75 de nuestro estudio, por lo cual se sugiere interpretar como rango de normalidad aquellos valores situados entre los percentiles 10 y 75, estableciendo este último como límite superior.

Respecto a los datos obtenidos en este estudio, los umbrales auditivos tendieron a deteriorarse según aumenta la edad de la muestra, especialmente en las frecuencias 16, 18 y 20 kHz, y muy similares entre los 9 kHz y 14 kHz. Este hecho concuerda con estudios que señalan un deterioro de los umbrales auditivos en función de la edad^{30,44-47}. De hecho, se propone que este deterioro comienza a partir de los 20 años de edad⁴⁷ y que el incremento de los umbrales entre los 14 y 20 kHz ocurre de manera regular en la segunda década y a partir de la tercera década lo hacen entre los 8 y 14 kHz⁴⁸.

En los grupos más jóvenes se encontraron umbrales mayores en las frecuencias 9, 10, 12, 14 y 20 kHz. Estos resultados coinciden con los publicados por Beahan y cols (2009) para los grupos de 7-9 y 10-13 años¹³. Asimismo, Lopes y cols (2007) apreciaron umbrales auditivos mayores para los grupos de edad entre 9-10 y 12-13 años⁴⁹. Esta dificultad para percibir sonidos muy agudos puede estar relacionada con variabilidad biológica, tales como el tiempo de atención, concentración y fatiga¹⁵.

Ahora, la sensibilidad auditiva para las altas frecuencias se afecta en función de la edad, siendo particularmente más evidente en el tramo más agudo. De igual forma, la variabilidad de los umbrales auditivos fueron mayores en el rango de 19 años y 23 años con 11 meses, lo cual fue observado en

todas las frecuencias evaluadas, principalmente en los 10, 14, 16, y 18 kHz. Sakamoto y cols (1998b)⁴⁸, Arvin y cols (2011)⁴⁷ y Reuter y cols (1998)⁵¹ también observaron estos fenómenos, fundamentados por las características fisiológicas que se desarrollan a medida que avanza la edad, tales como la degeneración de las células ciliadas internas y externas del órgano de Corti; atrofia del ganglio espiral y la hipertrofia de la membrana basilar, las que se manifiestan de manera más severa en la espira basal de la cóclea conforme al envejecimiento⁴⁶.

CONCLUSIÓN

Un punto a considerar corresponde a que la muestra de manera global no se comportó bajo una distribución normal, sin embargo, este hecho se repite en múltiples investigaciones que intentan generar normativas para los umbrales auditivos de alta frecuencia^{10,30,49,50}.

Una limitación que se reconoce fue no contar con un médico otorrinolaringólogo encargado de consultar por antecedentes mórbidos de los participantes del estudio, debido al incremento de costo y tiempo que significa haberlo incluido, no obstante, los resultados fueron bastante similares a otras normativas vigentes.

En efecto, esta norma (Figura 1) permite evaluar los umbrales auditivos alta frecuencia según tramos de edad en personas con características similares a las definidas en este trabajo, con el propósito de pesquisar tempranamente a sujetos en riesgo de pérdida auditiva, en particular aquellos expuestos a ruido laboral y recreacional, junto con tomar las acciones sanitarias más pertinentes a cada caso en particular. Se sugiere que los resultados de esta norma sea utilizada con cautela, considerando las condiciones de evaluación, técnica de búsqueda del umbral auditivo y los equipamientos empleados en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Centro de prensa de Organización Mundial de la Salud. Sordera y pérdida de la audición. Nota descriptiva n° 300. Febrero 2013. Disponible

- en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/es/>. [Consultado el 24 de Junio de 2015].
2. SHIELD, B. Evaluation of the social and economic costs of hearing impairment. A report for Hear-it AISBL. 2006. Disponible en http://www.hear.it.org/sites/default/files/multimedia/documents/Hear_It_Report_October_2006.pdf. [Consultado el 09 de Julio de 2015].
 3. Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN). 2009. Gobierno de Chile, Ministerio de Salud. Disponible en <http://datos.gob.cl/datasets/ver/4744>. [Consultado el 30 de Marzo de 2015].
 4. VALDIVIA G, MARGOZZINI P, GARRIDO M Y COL. Encuesta Nacional de Salud (ENS) Chile 2009-2010, Tomo II, Resultados. Gobierno de Chile, Ministerio de Salud. 2009-2010. Disponible en http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2012/07/Informe-ENS-2009-2010.-CAP-5_FINALv1juliocepi.pdf. [Consultado el 02 de Abril de 2015].
 5. CARDEMIL, M. Aspectos éticos en el tamizaje de hipoacusia neonatal en Chile. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* 2012; 72(3): 249-60.
 6. IÑIGUEZ CR, CEVO T, FERNÁNDEZ F, GODOY C & IÑIGUEZ SR. Detección precoz de pérdida auditiva en niños con factores de riesgo. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* 2004; 64: 99-104.
 7. KLAGENBERG K, OLIVA F, GONÇALVES C, LACERDA A, GAROFANI V & ZEIGELBOIM B. Audiometria de altas frequências no diagnóstico complementar em audiologia: uma revisão da literatura nacional. *Rev Soc Bras Fonoaudiol* 2011; 16(1): 109-14.
 8. BESS F & HUMES L. Estructura y función del sistema auditivo. En F. Bess, & L. Humes, *Fundamentos de Audiología*. México: Manual Moderno 2005; 56-62
 9. DOMÉNECH J. Audiometría de alta frecuencia. En: E. Salesa, E. Perelló, & A. Bonavida, *Tratado de Audiología*. España: Elsevier Masson, 2005; 163-176.
 10. DE SÁ L, DE LIMA M, TOMITA S, FROTA S, SANTOS G & GARCÍA T. Analysis of high frequency auditory thresholds in individuals aged between 18 and 29 years with no otological complaints. *Braz J Otorhinolaryngol* 2007; 73(2): 215-25.
 11. FARFÁN C, RINGO L Y FRESIA S. Audición de alta frecuencia en sujetos expuestos a ruidos. *Rev Chil Tecno Med* 2005; 25(1): 1178-86.
 12. ALMEIDA E, UMEOKA W, VIERA R & MORAES I. High frequency audiometric study in cancer-cured patients treated with cisplatin. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2008; 74(3): 382-90.
 13. BEAHAN N, KEI J, DRISCOLL C, FORDE, R, LE DILLY, M Y BRUCE C. High frequency pure tone audiometry (8-16 kHz) in children: A Normative Study. *The Australian and Zealand Journal of Audiology* 2009; 31(1): 33-43.
 14. MEHRPARVAR A, MIRMOHAMMADI S, GHOREYSHI A, MOLLASADEGHI A & LOUKZADEH Z. High-frequency audiometry: A means for early diagnosis of noise-induced hearing loss. *Noise and Health* 2011; 13(55): 402-6.
 15. SAHYEB D, COSTA FILHO O & ALVARENGA K. Audiometria de alta frequência: estudo com indivíduos audiologicamente normais. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2003; 69(1): 93-9.
 16. HERNÁNDEZ R, HERNÁNDEZ L, CASTILLO N Y COL. Tamizaje y confirmación diagnóstica de hipoacusia. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc* 2007; 45(5): 421-26.
 17. ALMEIDA E, & NISHIMORI A. Influencia do posicionamento do fone na audiometria de alta frequência. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2006; 72(5): 691-8.
 18. SINGH R, SAXENA RK, VARSHNEY S. Early detection of noise induced hearing loss by using ultra high frequency audiometry. *The internet Journal of Otorhinolaryngology* 2008; 10(2): 1-4.
 19. FAUSTI S, SCHECHTER M, RAPPAPORT B, FREY R & MASS R. Early detection of cyplatin ototoxicity selected case reports. *Cancer* 1984; 53(2): 224-31.
 20. KNIGHT K, KRAEMER D, WINTER CH & NEUWELT E. Early Changes in auditory function as a result of platinum chemotherapy: Use of extended high-frequency audiometry and evoked distortion product otoacoustic emissions. *J Clin Oncol* 2007; 25(10): 1190-5.
 21. ZEIGELBOIM B, MANGABEIRA-ALBERNAZ P & FUKUDA Y. High frequency audiometry and chronic renal failure. *Acta Otolaryngol* 2001; 121: 245-8.
 22. QIN Y, SUN Y, ZHAI L, LÜ H & XU J. Application of extended high frequency audiometry in the patients with chronic failure treated by hemodialysis. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology* 2005; 19(1): 17-8.
 23. LAITILA P, KARMA P, SIPILÄ M, MANNINEN M & RAHKO T. Extended high frequency hearing of acute otitis

- media in 14 year old children in Finland. *Acta Otolaryngol Suppl* 1997; 529: 27-9.
24. GRAVEL J, ROBERTS J, ROUSH J Y COL. Early otitis media with effusion, hearing loss, and auditory processes at school age. *Ear Hear* 2006; 27(4): 353-68.
25. FIGUEROA R & CORONA A. Tinnitus influence on high-frequency hearing thresholds. *Rev Soc Bras Fonoaudiol* 2007; 12(1): 29-33.
26. JOON H, KI S, HO CH, HEE S, WON S, KI R, HAN D. & GEUN S. Hearing abilities at ultra-high frequency in patients with tinnitus. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2009; 2(4): 169-74.
27. LÓPEZ M, CAMBIL E, ABRANTE A, LÓPEZ R, BAREA E & ESTEBAN F. Medición de acúfenos con audiómetro convencional versus audiómetro de alta frecuencia. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2011; 63(2): 102-5.
28. MARTINEZ C & FERNÁNDEZ L. Audiometría de alta frecuencia en escolares con factores adversos al nacimiento. *Bol Med Hosp Infant Mex* 2003; 60(4): 359-67.
29. ANASTASIO A, RADAEL R, CAVALCANTE J & HATZOPOULOS S. A report of extended high frequency audiometry thresholds in school-age children with no hearing complaints. *Audiology Research* 2012; 2; e8: 39-42.
30. NORTHERN J, DOWNS M, RUDMOSE W, GLORIG A & FLETCHER J. Recommended high-frequency audiometric threshold levels (8000-18000 Hz). *J Acoust Soc Am* 1971; 52(2b): 585-95.
31. ESPINOSA J, CARRIEL L, SÁNCHEZ M Y COL. Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo. Gobierno de Chile, Ministerio de Salud. 2011. Disponible en http://web.minsal.cl/sites/default/files/protocolo_vigilancia_expuestos_a_ruido_minsal.pdf. [Consultado el 30 de Junio de 2015].
32. ARAYA MP, NORAMBUENA P, PEMJEAM A Y COL. Guía Clínica AUGÉ: Consumo perjudicial y dependencia de alcohol y otras drogas en personas menores de 20 años. Gobierno de Chile, Ministerio de Salud. 2013. Disponible en <http://web.minsal.cl/portal/url/item/7222c0667853b8f8e04001011f016146.pdf>. [Consultado el 27 de Julio de 2015].
33. JERGER, J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otorinolaryngol* 1970; 92: 311-24.
34. JIANG T. Important Revision of ANSI S3.6-1989: ANSI S3.6-1996 American National Standard Specification for Audiometers. *Revue D'orthophonieet D'audiologie* 1998; 22(1): 5-9.
35. International Organization for Standardization. Acoustics. Reference Zero for the calibration of audiometric equipment. Part 5: reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones in the frequency range 8 kHz to 16 kHz. ISO 389-5: 2006.
36. FRANK T. High Frequency hearing thresholds in young adults using a commercially available audiometer. *Ear Hear* 1990; 11(6): 450-4.
37. COHEN R & SWERDLIK M. Pruebas y evaluación psicológica. Introducción a las pruebas y a la medición. 6ª edición. Mc-Graw-Hill Interamericana. 2007: 102.
38. CAPRA D. & TAVARES M. Low and high frequency tonal threshold audiometry: comparing hearing thresholds between smokers and non-smokers. *Braz J Otorhinolaryngol* 2009; 75(5): 738-44.
39. ASHOK K & PATRICK R. Hearing in alcoholics – A Case Control Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 2011; (5): 85-7.
40. WU Z HWANG J & YANG W. Susceptible frequencies and audiometric configurations of hearing loss in subjects with coronary artery disease and hypertension. *Tzu Chi Med J* 2010; 22(3): 141-5.
41. HONG O, BUSS J & THOMAS E. Type 2 diabetes and hearing loss. *Disease-a-Month* 2013; 59: 139-46.
42. SANTOS K, DIAS N, MAZETO G, CARVALHO L, LAPATE R & MARTINS R. Audiologic evaluation in patients with acquired hypothyroidism. *Braz J Otorhinolaryngol* 2010; 76(4): 478-84.
43. FERNÁNDEZ L, SUÁREZ R, & LABARTA A. Hipoacusia y trastornos metabólicos. *Correo Científico Médico de Holguín* 2011; 15(4).
44. DE SETA E, BERTOLI R & FILIPO R. High-frequency audiometry above 8 kHz. *Audiology* 1985; 24(4): 254-9.
45. SAKAMOTO M, SUGASAWA M, KAGA K & KAMIO T. Average thresholds in the 8 to 20 kHz range as a function of age. *Scand Audiol* 1998; 27(3): 189-92.
46. SILVA I & FEITOSA M. High-frequency audiometry in young and older adults when conventional audiometry is normal. *Braz J Otorhinolaryngol* 2006; 72(5): 665-72.

47. ARVIN B, PREPAGERAN N & RAMAN R. High frequency presbycusis - Is there an earlier onset? *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2011; 65(Suppl 3): 480-4.
48. SAKAMOTO M, SUGASAWA M, KAGA K & KAMIO T. Average thresholds in the 8 to 20 kHz range in young adults. *Scand Audiol* 1998a; 27: 169-72.
49. LOPES A, ALMEIDA B, MORENO C & MONDELLI MF. Estudo dos limiares de audibilidade de altas frequência sem criança souvintes comidades entre 7 e 13 anos. *Distúrbios da Comunicação* 2007; (2): 173-80.
50. ZEIGELBOIM B, GOMES DE OLIVEIRA V, MENDES J & LEON A. Liminares de audibilidade de altas frequências em indivíduos de 20 a 30 anos com audição normal. *Distúrbios da Comunicação* 2004; 16(3): 385-92.
51. REUTER W, SCHONFELD U, MANSMANN U, FISCHER R & GROSS M. Extended high frequency audiometry in pre-school children. *Audiology* 1998; 37(5): 285-94.

Dirección: Gabriel Lagos R.
Departamento de Ciencias de la Rehabilitación en Salud
Facultad de Ciencias de la Salud y de los Alimentos
Universidad del Bío Bío. Chillán, Chile
E mail: glagos@ubiobio.cl