

F. Zenker Castro
J. Delgado Hernández
J. J. Barajas de Prat

Características acústicas y aplicaciones audiológicas del promedio del espectro del habla a largo plazo

Clínica Barajas
Santa Cruz de Tenerife

El promedio del espectro del habla a largo plazo (PEHLP) es una medida de las características acústicas del habla a través de técnicas de análisis espectrográficas. El PEHLP tiene varias aplicaciones en audiolología clínica entre las que destacan la medida de la inteligibilidad del habla, la determinación de la prescripción de la ganancia en la adaptación audiotrófica y la orientación de objetivos en la intervención logopédica de las dislalias audiógenas. En el presente estudio se registró el PEHLP en un grupo de sujetos adultos hablantes de español en dos posiciones diferentes de registro. Los resultados obtenidos indican diferencias significativas en función del sexo dependiendo de la banda de frecuencia del espectro del habla. Los registros del PEHLP en español son similares a los llevados a cabo en otras lenguas. Los resultados sugieren el uso de fórmulas de prescripción de la ganancia audiotrófica que tengan en cuenta el PEHLP. Esto facilitaría la verificación del audífono y posterior tratamiento logopédico especialmente la de niños hipoacúsicos con dislalias audiógenas derivadas de una pobre amplificación.

Palabras Clave: Promedio del espectro del habla a largo plazo, audífonos, métodos de prescripción de la ganancia, pérdida auditiva, dislalia.

Acoustic characteristics and audiological applications of the Long Term Average Speech Spectrum

The Long Term Average Speech Spectrum is a measure of the acoustic characteristics of speech

through spectrographic analysis. The LTASS has various applications in clinic audiology such as the intelligibility of speech, the prescription of gain in hearing aids and the determination of aims in the audiological intervention. In the present study we obtained the LTASS in a group of adults speaking Spanish subjects from two microphone positions. The results showed significant differences which depended on the frequency, position of the microphone and sex of the participants. The LTASS obtained in Spanish is similar to those obtained in other languages. The result suggest the use of gain prescription formulae derived from the LTASS. This would facilitate the verification of the hearing aid and the following intervention especially in children with hearing loss.

Keywords: Long Term Average Speech Spectrum, Hearing Aid, Prescription Rules, Hearing Loss, Dyslalia.

Introducción

El promedio del espectro del habla a largo plazo (PEHLP) es una medida de las características acústicas de la señal del habla a través del muestreo y promediado de la intensidad sonora en función de la frecuencia (Cornelisse, Gagné y Seewald, 1991). El PEHLP tiene varias aplicaciones tanto acústicas como audiológicas. En la rehabilitación de la hipoacusia mediante el uso de prótesis auditivas el PEHLP ha sido empleado en la determinación de la prescripción de la ganancia y evaluación final de la

Correspondencia:
Franz Zenker
Clínica Barajas
C/ Pérez de Rozas, 8
38004 Santa Cruz de Tenerife

Correo electrónico:
zenker@clinicabarajas.com

adaptación (Seewald, 1992; Cox y Moore, 1988; Cornelisse et al., 1991; Zenker y Barajas 1999a; Zenker, 2002). En la intervención logopédica el PEHLP ha servido como guía en la determinación de los objetivos a alcanzar en el tratamiento de las dislalias audiógenas (Delgado y Zenker, 2002). El PEHLP se encuentra a la base de varias aplicaciones clínicas como el Índice de Articulación (Rankovic, 1991; Pavlovic, Studebaker y Sherbecoe, 1986; Kamm, Dirks y Bell, 1985), las señales de ruido ICRA (Dreschler, Vershuure, Ludvigsen y Westermann, 2001; Fry, 2002) o las normas ANSI para la medida de la inteligibilidad del habla (ANSI, 1969).

El PEHLP se obtiene mediante la grabación analógica o muestreo digital de un discurso a largo plazo colocando un micrófono a 30 cm enfrente del hablante durante un intervalo de tiempo establecido previamente (Cornelisse et al., 1991; Cox y Moore, 1988; Byrne, Dillon y Tram, 1994). La señal registrada es promediada mediante un analizador de espectro y finalmente representada como una curva de la intensidad de la señal en función de la frecuencia. La mayoría de estudios sobre el PEHLP se han llevado a cabo en grupos atendiendo a variables de clasificación como el sexo, la edad o el esfuerzo vocal (Byrne, 1977; Cox y Moore, 1988; Pearsons, Bennett y Fidel, 1977). Algunos de estos estudios han obtenido una curva patrón para adultos en función del sexo (Cornelisse et al., 1991; Cox y Moore, 1988; Dunn y White, 1940; Pearsons et al., 1977). En general esta curva del PEHLP muestra un pico de mayor concentración de energía entre las frecuencias de 250 Hz a 630 Hz como resultado de la contribución del primer formante del habla en adultos. A partir de los 500 Hz la intensidad decrece entre 5 y 6 dB por octava hasta los 4000 Hz.

Los registros del PEHLP se diferencian claramente en función del sexo. La media de la intensidad total promediada en varones adultos es 2.3 dB mayor que el nivel promediado para el grupo de mujeres adultas (Cornelisse et al., 1991; Cox y Moore, 1988; Dunn y White, 1940; Pearsons et al., 1977). Dada la contribución de la frecuencia fundamental (f_0) de las voces masculinas estas diferencias se hacen más evidentes en la región de las bajas frecuencias a partir de los 200 Hz (Byrne et al., 1994).

Algunos estudios han variado la posición de grabación en orden a obtener una mejor representación del efecto de difracción de la cabeza e imitar la posición del micrófono de los audífonos retroauriculares (Pavlovic et al., 1986; Cornelisse et al., 1991.)

Estos estudios indican un descenso en el nivel de energía en altas frecuencias a partir de los 2,5 kHz al colocar el micrófono a la altura del oído respecto al registro en la posición enfrente del hablante a la vez que una mayor concentración de energía a partir de los 1 kHz en la posición a la altura del oído respecto a la posición enfrente del hablante (Cornelisse et al., 1991).

Una de las principales aplicaciones del PEHLP es su utilidad en la determinación de la ganancia del audífono. Los métodos de prescripción de la ganancia audiotrófica como el DSL [i/o] (Seewald, 1992) o el NAL-NL1 (Dillon, Katsch, Ching, Keidser y Brewer, 1998) tratan de facilitar la audición del habla atendiendo a los valores promedios del espectro vocal dentro del rango dinámico auditivo del paciente hipoacúsico. Estos métodos toman como referencia el PEHLP frente a otros métodos, como el IHAF (Allen, Hall y Jeng, 1990; Valente y Van Vliet, 1997) basados en la normalización del espectro auditivo total del oyente. La ventaja de los métodos basados en el PEHLP es que permiten, una vez finalizada la adaptación, la evaluación y verificación de la ganancia del audífono mediante técnicas electroacústicas en función de un criterio objetivo (Zenker y Barajas, 1999b). Esto es especialmente útil en recién nacidos y niños de corta edad en los que el lenguaje aun no ha sido adquirido y por lo tanto no es posible verificar la adaptación mediante pruebas con contenido verbal (Schore, Bilger y Hirsh 1960; Schwartz y Walden, 1983; Beattie y Edgerton, 1976; Zenker, 2001).

Los registros del PEHLP están bien establecidos en sujetos de habla inglesa sin embargo los estudios en otras lenguas son escasos. Tarnoczy y Fant (1964) estudiaron el PEHLP del sueco, del húngaro y del alemán encontrando diferencias significativas entre las bandas de frecuencia de 700 Hz a 1,5 kHz para hombres y de 1Khz a 2Khz para las mujeres. Pavlovic et al. (1991) compararon los espectros del habla del francés, inglés, italiano y danés no encontrando diferencias significativas entre las lenguas estudiadas. En un estudio más amplio Byrne et al. (1994) compararon el espectro del habla entre distintos dialectos del inglés, el sueco, el danés, el alemán, el francés, el japonés, el cantonés, el mandarín, el ruso, el galés, el singalés y el vietnamita. Encontraron pequeñas diferencias entre las doce lenguas estudiadas pero en general estas diferencias no fueron significativas. Las lenguas de origen románico han sido pobremente estudiadas y el español no ha sido incluido en ninguno de estos estudios con orientación audiológica.

En la intervención logopédica del niño hipoacúsico con prótesis auditivas se hace necesario conocer las características de la amplificación del habla. Los logros de la intervención dependen en gran parte de los límites impuestos por la pérdida auditiva y posibilidades del audífono. En este sentido, algunos fonemas pueden quedar ocultos por una pobre amplificación e impedir que determinadas dislalias puedan ser corregidas. Los métodos de prescripción de la ganancia son especialmente importantes ya que determinan la respuesta de amplificación del audífono y por tanto son los responsables de facilitar la correcta amplificación de todo el espectro vocal (Pascoe, 1988). Los métodos actuales combinan fórmulas con racionalidades distintas de forma indiscriminada. Además son muy pocos los métodos desarrollados para niños de corta edad que aun no hayan adquirido el lenguaje oral. La verificación de la adaptación a estas edades se hace especialmente difícil al no poder recurrir a pruebas con contenido verbal como la logaudiometría funcional en campo abierto (Schwartz y Walden, 1983). El PEHLP permite al audioprotésista determinar mediante técnicas electroacústicas en que medida el lenguaje hablado está dentro del rango auditivo del niño hipoacúsico sin necesidad de colaboración por parte de este (Zenker, 2001). Por otro lado, la información obtenida a partir del PEHLP permite al logopeda establecer objetivos y ajustar expectativas en la habilitación del lenguaje oral de estos pacientes.

Los objetivos de este estudio fueron: en primer lugar establecer el PEHLP para el español, en segundo lugar observar la influencia de la posición del micrófono del hablante en el registro del PEHLP y tercero, establecer posibles diferencias en función del sexo. Finalmente se compararon los resultados del presente estudio con los obtenidos por otros autores en otras lenguas.

Material y método

Sujetos

En este estudio participaron voluntariamente 20 sujetos adultos de entre 26 y 63 años pertenecientes al personal de una clínica médica. El grupo 1 (G1) estaba compuesto por 10 hombres adultos con una media de edad de 36,8 años. El grupo 2 (G2) estaba formado por 10 mujeres adultas con una media de

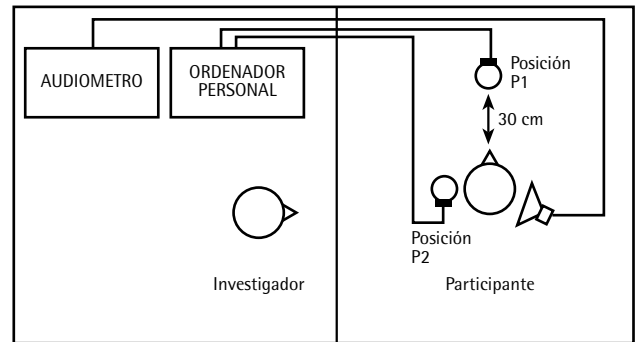


Figura 1 Representación esquemática de la sala de grabación e instrumentación empleada en el presente estudio.

edad de 31,6 años. Todos los sujetos eran hablantes nativos del español, normoyentes y con una alta fluidez en la lectura.

Estímulo

Se le pidió a cada sujeto que leyera un texto en voz alta seleccionado de un periódico local. El texto

Tabla 1 Factores de corrección aplicados a los micrófonos Shure SM58 utilizados en los registros de este estudio

Frecuencia (kHz)	Intensidad (dB)
0,1	-1
0,2	0
0,3	-0,2
0,4	-0,2
0,5	-0,2
0,6	-0,1
0,7	-0,1
0,8	-0,1
0,9	-0,1
1	0
2	1,8
3	3
4	4
5	4,5
6	4,8
7	2
8	3,7

fue lo suficientemente largo como para proporcionar una grabación del habla de 2,30 minutos.

Registro

Las grabaciones se llevaron a cabo en una cabina insonorizada según la norma ANSI S3.1 (ANSI, 1977) con unas dimensiones de 2,45 metros de largo por 2.55 m de alto. La habitación se encontraba libre de objetos y el sujeto fue invitado a sentarse en una silla en el centro de la habitación, aproximadamente a 1 metro de distancia de las paredes. En la figura 1 observamos la disposición de los micrófonos y el sujeto en la sala de registro.

Las muestras del discurso se obtuvieron mediante la grabación simultánea con dos micrófonos situados en posiciones diferentes. El micrófono en posición 1 (P1) se colocó en un pie de micro directamente frente al hablante a 30 cm de los labios del sujeto. El micrófono en la posición 2 (P2) se colocó en un pie de micro a la altura del hélix del oído izquierdo. En el registro de las muestras del habla se emplearon dos micrófonos SM 58 del fabricante Shure al que se les aplicó un factor de corrección en orden a obtener una respuesta frecuencial plana. En la tabla 1 podemos observar los valores de corrección aplicados por el programa de análisis Spectra-Lab a cada micro entre las frecuencias de 100 Hz a 8 kHz.

Las muestras del habla fueron registradas digitalmente en un ordenador personal. La tarjeta de sonido empleada en las grabaciones fue una Sound Blaster Audigy del fabricante Creative. Las muestras se obtuvieron a través del programa Sound Forge 5.0 de Sonic Foundry con un ratio de muestreo de 44.100 Hz, 16 bit de resolución y dos canales de grabación.

Procedimiento

Grabación del espectro del habla. Antes de proceder con la grabación de cada muestra, se grabó un tono de calibración de 1 kHz de frecuencia y 70 dB SPL de intensidad durante aproximadamente 30 segundos. El tono fue presentado en la posición del sujeto y un sonómetro integrador SC-15c tipo 2 del fabricante Cesva en la posición de referencia P1. Antes de presentar el tono se ajustó el dial de intensidad del audiómetro hasta que el tono de calibración alcanzase una intensidad de 70 dB SPL en el sonómetro.

Tras la grabación del tono el sujeto debía contar mentalmente hasta cinco y comenzar a leer el texto

Tabla 2 Medias en dB SPL y desviaciones estándar del PEHLP registrado en la posición enfrente del hablante (P1) y a la altura del hélix del oído izquierdo (P2) para el grupo de hombres (G1) y mujeres (G2)

Grupo	Posición del micrófono	
	P1	P2
Hombres (G1)	68,5 (3,9)	68,6 (4)
Mujeres (G2)	64,5 (2,5)	66,7 (4,3)

seleccionado con un esfuerzo vocal normal. El texto fue leído previamente por cada sujeto en orden a familiarizarse con él y hacer la lectura lo más fluida posible. Se instó a los sujetos a continuar leyendo aun cuando cometieran algún error en la lectura.

Análisis acústicos de las muestras del habla. En el análisis espectrográfico de las muestras se empleó el programa SpectraLab – FFT Spectral Analysis System de Sound Technology Inc. El análisis se llevó a cabo con una promediación lineal conservando los parámetros de ratio de muestreo y bits de resolución empleados en la grabación original. Se llevaron a cabo las siguientes medidas de cada muestra: (1) El promedio del espectro del habla a largo plazo total de cada muestra y (2) el promedio a largo plazo en bandas de 1/3 por octava para las frecuencias comprendidas entre los 100 Hz y los 8 kHz. Se obtuvo las medias de la intensidad de cada banda para cada posición de los micrófonos.

Resultados

Análisis General

En la tabla 2 observamos las medias totales obtenidas en las dos posiciones del micrófono para cada uno de los grupos estudiados. Se llevó a cabo una anova de dos vías no encontrándose diferencias significativas entre las posiciones P1 y P2 del micrófono [$F(1,32)=0,766$ $P\leq 0,388$]. La interacción de la posición del micrófono con el grupo de participantes no fue significativa [$F(1,32)=0,640$ $P\leq 0,430$]. Se encontraron

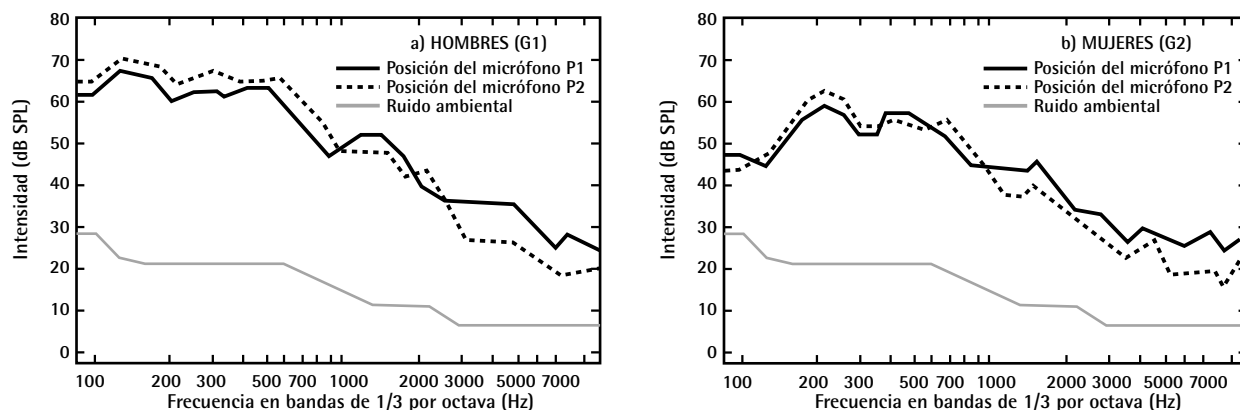


Figura 2 Medía de las intensidades de las bandas de frecuencia de 1/3 por octava en dB SPL del PEHLP obtenido en la posición P1 y P2 para los grupos de hombres (G1) y mujeres (G2).

diferencias significativas en función de sexo de los participantes [$F(1,32)= 5,295 P\leq 0,388$].

Análisis de 1/3 por Octava

En la figura 2 observamos las medias de la intensidad de las bandas de 1/3 por octava en función de la frecuencia y posición del micrófono para los grupos de hombres y mujeres. El PEHLP medido en P1 para cada grupo de sujetos concentró valores mayores de intensidad en las frecuencias bajas a partir de 1 KHz y menores para las altas a partir de los 2,5 kHz frente a los valores de PEHLP medido en la posición P2. En orden a determinar si las intensidades registradas en

las dos posiciones de los micrófonos eran constantes a través de las frecuencias se halló la diferencia entre ambos valores para cada una de las bandas de frecuencia de 1/3 por octava. Las diferencias fueron analizadas a través de una anova de una vía. Se encontraron diferencias significativas en función de las bandas de frecuencia de 1/3 por octava y en función del sexo [$F(1,16)= 5,696 P\leq 0,03$].

Las medias de las intensidades de cada banda de 1/3 por octava del PEHLP medidas en la posición P1 fueron similares para ambos grupos a partir de la banda de 300 Hz. Para frecuencias por debajo de este valor las diferencias en las medias del PEHLP medidas en la posición P1 fueron significativas para los dos grupos estudiados [$F(1,16)= 5,428 P\leq 0,033$]. Para el grupo de hombres el menor valor de frecuencia del PEHLP se obtuvo por debajo de los 20 Hz y de 160 Hz para el grupo de mujeres.

En la figura 2 puede observarse los niveles de ruido ambiental para las bandas de 1/3 por octava. Las medidas obtenidas revelan que todos los PEHLP grabados en la posición P1 estaban al menos 10 dB SPL por encima de los niveles de ruido ambiental para las bandas de 1/3 por octava entre 100 Hz y 10 kHz para el G1 y 160 Hz y 10 kHz para el G2. En general el nivel de ruido ambiental no superó los 29,7 dB SPL.

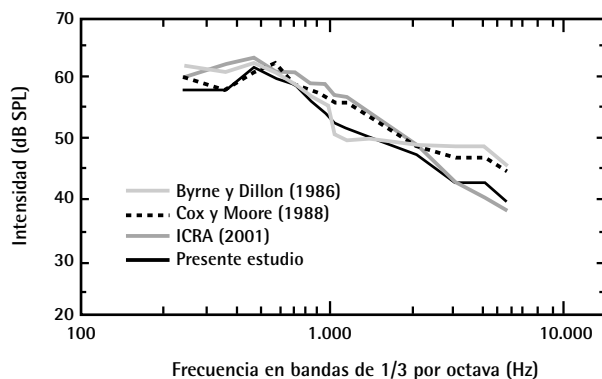


Figura 3 Representación de los PEHLP para hombres y mujeres obtenidos en la posición P1 con un esfuerzo vocal normal utilizado en la fórmula de prescripción del NAL (Byrne y Dillon, 1986), del DSL (Cox y Moore, 1988), de las señales ICRA y de la presente investigación.

Discusión

El principal objetivo de esta investigación fue estudiar el promedio del espectro del habla en español en una muestra de sujetos adultos así como determinar las características acústicas del PEHLP en

función del sexo y la posición del micrófono. En la figura 3 se observa el PEHLP obtenido en el presente estudio junto con el promedio obtenido por Cox y Moore (1988) empleado por el DSL [i/o], el promedio de Byrne y Dillon (1986) utilizado por el National Acoustic Laboratories (NAL) y el promedio de las señales ICRA elaborados por el International Colleague of Rehabilitation of Audiology (Dreschler et al., 2001). Para todos los grupos las curvas representan el PEHLP para hombres y mujeres adultas con un esfuerzo vocal normal. Con el fin de minimizar las diferencias producto de las condiciones de registro de cada investigación se representa en la gráfica la intensidad de cada promedio normalizada a 70 dB SPL. Como puede observarse los trazados son muy similares encontrándose las mayores diferencias entre las bandas de 700 Hz a 2 kHz. En general los resultados del presente estudio reproducen los obtenidos por otros autores (Cox y Moore, 1988; Byrne y Dillon, 1986; Dreschler et al., 2001).

Respecto a las diferencias entre sexos encontradas en el presente estudio los resultados muestran PEHLP idénticos entre las bandas de frecuencia de 1/3 por octava de 250 Hz a 5 kHz. Entre este rango de frecuencias, los promedios de las intensidades de hombres y mujeres se diferenciaron en +/- 2 dB exceptuando la frecuencia de 800 Hz donde las diferencias fueron de 2,3 dB. Los rasgos de la frecuencia fundamental de la voz para ambos sexos contribuyó a que a partir de la banda de 160 Hz e inferiores, las intensidades de los hombres superara a la de las mujeres. A partir de la banda de 6 kHz y superiores las intensidades de las voces femeninas exceden a las masculinas. Estos resultados son consistentes con estudios anteriores en los que se compararon los sexos de los participantes en diferentes lenguas (Cornelisse et al., 1991; Cox y Moore, 1988; Dunn y White, 1940; Pearsons et al., 1977). En general, la media de las diferencias entre los sexos fue de 2,6 dB. La mayoría de los estudios encuentran diferencias entre los 2 dB y 3 dB.

La posición del micrófono resulta determinante en la percepción de las propias producciones vocales en los pacientes con prótesis auditivas. La mayoría de las fórmulas de prescripción de la ganancia basan sus algoritmos de amplificación en representaciones del PEHLP medido en la posición P1 (Byrne y Dillon, 1986; Cox y Moore, 1988; Seewald, 1992; Skinner, 1988). En la presente investigación se encontraron diferencias significativas entre ambas posiciones del micrófono en función de la banda de frecuencia estudiada. Es decir, el promedio de la intensidad de las propias producciones vocales amplificadas difiere del

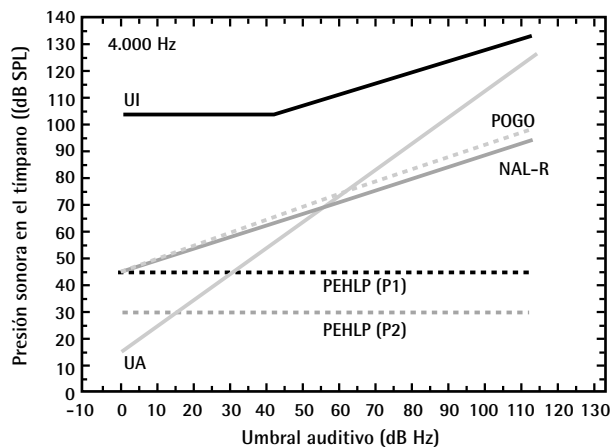


Figura 4 Representación de la ganancia de inserción (GI) prescrita para la banda de frecuencia de 4 kHz a partir de las fórmulas de NAL-R (Byrne y Tonnisson, 1976) y POGO (McCandless y Lyregaard, 1983). La GI ha sido calculada a partir del PEHLP en P1. Se observan distintos valores de umbral de incomfort (UI) para las distintas pérdidas posibles en esta frecuencia y el PEHLP en P2.

espectro obtenido cuando el paciente escucha a otros hablantes. En la figura 4 se observan las implicaciones que estas diferencias tienen en la prescripción final de la ganancia de las prótesis auditivas. Se calculó la Ganancia de Inserción (GI) siguiendo los métodos de prescripción NAL-R (Byrne y Tonnisson, 1976) y POGO (McCandless y Lyregaard, 1983) en función de diferentes valores de umbral auditivo para la frecuencia de 4 kHz. La recta etiquetada con el nombre de UA representa el umbral auditivo en dB SPL en función del umbral en dB HL para auriculares TDH (Cox y Moore, 1988). La recta UI representa el umbral de incomfort obtenido a partir de los datos de Skinner (1988). Podemos observar como la GI calculadas a partir de los diferentes métodos de prescripción aumenta en función del umbral auditivo. La pendiente sin embargo de ambas rectas no es idéntica. Existe un punto en el que estas rectas se cruzan con los valores de umbral auditivo. Los sujetos hipoacúsicos con pérdidas auditivas superiores al valor de estos puntos no percibirán el espectro del habla situada en esta zona. El componente frecuencial de los fonemas que constituyen el habla, a partir de estos puntos, quedaría en una zona no audible para el paciente.

Los métodos de prescripción de la ganancia que no tengan en cuenta el PEHLP pueden prescribir valores de ganancia del audífono por debajo del umbral de sensación del paciente. En el ejemplo

representado en la figura 4, observamos que en hipoacúsias superiores a 60 dB HL para el POGO y 55 dB HL para el NAL-R en la frecuencia de 4 kHz quedará prescrito un valor de ganancia por debajo del umbral auditivo. En el caso de las propias producciones vocales este error se incrementa debido a que para esta frecuencia el PEHLP en la posición P2 es 10 dB menor. En la figura 4 observamos, comparando las posiciones de los micrófonos, como con estos procedimientos puede llegarse a prescribir hasta 20 dB de ganancia por debajo de la amplificación necesaria.

La intervención logopédica de niños hipoacúsicos con audífonos puede verse dificultada por una prescripción errónea de la ganancia del audífono. En este sentido, determinadas frecuencias y en especial las altas frecuencias en pérdidas severas o profundas pueden quedar por debajo del umbral auditivo del paciente. Así mismo, en las bajas frecuencias puede producirse una sobre amplificación del habla. Esto puede afectar a la adquisición correcta de determinados fonemas e inducir a dislalias audiógenas difícilmente corregibles dada la incapacidad del niño hipoacúsico para escuchar sus propias producciones vocales.

Conclusiones

El establecimiento del PEHLP resulta de gran valor para distintas aplicaciones clínicas. Entre ellas cabe destacar la importancia del PEHLP en el cálculo de la ganancia del audífono. La posición del micrófono debe tenerse en cuenta ya que resulta crítica en la percepción correcta del habla en especial la de las propias producciones vocales. La lengua del hablante así como el sexo no resultan determinantes en el espectro del discurso continuo del habla. El PEHLP resulta una herramienta eficaz en la verificación del ajuste de las prótesis auditivas, así mismo, resulta un indicador fiable y válido en la intervención logopédica de niños de corta edad en la que otro tipo de procedimientos basados en material de contenido verbal no puede ser utilizado.

Bibliografía

- ANSI. American National Standard Institute. (1969). *Methods for Calculation of the Articulation Index*. ANSI S3.5-1969. New York.
- ANSI. American National Standards Institute. (1977). *American National Standard Criteria for Permissible Ambient Noise During Audiometric Testing*. ANSI S3.1 - 1977. New York.

- Allen J. B., Hall J. L. y Jeng P. S. (1990). *Loudness growth in 1/2-octave bands (LGOB) - A procedure for the assessment of loudness*. Journal of the Acoustic Society of America, 88, 745-753.
- Beattie R. y Edgerton R. (1976). *Reliability of monosyllabic discrimination test in white noise for differentiating among hearing aids*. Journal of Speech and Hearing Disorders, 41, 464-476.
- Byrne D., Dillon H. y Tran K. (1944). *An international comparison of long-term average speech spectra*. Journal of the Acoustic Society of America, 96, 2108-2120.
- Byrne D. (1977). *The speech spectrum. Some aspects of its significance for hearing aid selection and evaluation*. British Journal of Audiology, 11, 40-46.
- Byrne D. y Tonnisson W. (1976). *Selecting gain of hearing aids for persons with sensorineural hearing impairments*. Scandinavian Audiology, 5, 51-9.
- Byrne D. y Dillon H. (1986). *The National Acoustic Laboratories (NAL) new procedure for selecting the gain of frequency response of hearing aid*. Ear and Hearing, 7, 257-265.
- Cornelisse L. E., Gagné J. S. y Seewald R. C. (1991). *Ear level recordings of the long-term average spectrum of speech*. Ear and Hearing, 12, 47-54.
- Cox R. M. y Moore J. N. (1988). *Composite speech spectrum for hearing aid gain prescriptions*. Journal of Speech and Hearing, 31, 102-107.
- Delgado J. y Zenker F. *El promedio del espectro del habla: Fundamentos y aplicaciones clínicas*, [on-line]. Disponible en: <http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/3/010202.pdf>.
- Dillon H., Katsch R., Byrne D., Ching T., Keidser G. y Brewer S. (1998). *The NAL-NL1 prescription procedure for non-linear hearing aids*. NAL Annual Report, 4-8.
- Dreschler W. A., Verschuure H., Ludvigsen C. y Westermann S. (2001). *ICRA Noises: Artificial noise signals with speech like spectral and temporal properties for hearing instrument assessment*. Audiology, 40, 148-157.
- Dunn H. K. y White S. D. (1940). *Statistical measurements on conversational speech*. Journal of the Acoustic Society of America, 11, 278-289.
- Fry G. J. (2002). *El examen del audífono digital*, [on-line]. Disponible en: <http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/2/010203.pdf>.
- Kamm C. A., Dirks D. D. y Bell T. S. (1985). *Speech recognition and the Articulation Index for normal and hearing-impaired listeners*. Journal Acoustic Society of America, 77, 281-8.
- McCandless G. y Lyregaard P. (1983). *Prescription of gain and output (POGO) for hearing aids*. Hearing Instruments, 34, 16-21.
- Pascoe D. L. (1988). *Clinical measurements of the auditory dynamic range and their relation to fórmulas for hearing aid gain*. En J. Hensen (Eds.), *Hearing aid fitting: Theoretical and practical views* (pp.129-152). Copenhagen: Proceedings of the 13th Danavox Symposium.
- Pavlovic C. V., Rossi M. y Espesser R. (1991). *Perceived spectral energy distributions for EUROMO speech and for some synthetic speech*. Proceedings of the XII International Congress on Phonetic Sciences, 418-421.
- Pavlovic C. V., Studebaker G. A. y Sherbecoe R. L. (1986). *An articulation index based procedure for predicting the speech recognition performance of hearing-impaired individuals*. Journal of the Acoustic Society of America, 80, 50-7.
- Pearsons K. S., Bennett R. L. y Fidell S. (1977). *Speech levels in various noise Environment*. Environmental Protection Agency, Washington DC. 1977; EPA Rep. N° 600/1-77-025.

- Rankovic C. M. (1991). *An application of the articulation index to hearing aid fitting*. Journal of Speech and Hearing Research, 34, 391-402.
- Schore I., Bilger R. y Hirsh I. (1960). *Hearing aid evaluation: Reliability of repeated measurements*. Journal of Speech and Hearing Research, 25, 152-170.
- Schwartz D. y Walden B. (1983). *Current status of the clinical hearing aid assessment: A reappraisal of an old philosophy*. En Konkle D. y Rintelmann W. (Eds). Principles of speech audiometry, 321-352.
- Seewald R. C. (1992). *The Desired Sensation Level method for fitting children: Version 3.0*. The Hearing Journal 45, 36-41.
- Skinner M. W. (1988). *Hearing Aid Evaluation*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1988.
- Tarnoczy T. y Fant G. (1964). *Some remarks on the average speech spectrum*. En Q.P.S.R. (Eds.), Speech Transmission Laboratory, (pp. 13-14), Stockholm.
- Valente M. y Van Vliet D. (1977). *The independent hearing aid fitting forum (IHAF) protocol*. Trends in Amplification, 2, 6-35.
- Zenker F. y Barajas J. J. (1999a). *La detección de la sordera en Canarias*. En José Domingo Martín Espino (Eds.), Logopedia escolar y clínica. Últimos avances en Evaluación e Intervención, (pp. 321-327), Madrid: Editorial CEPE.
- Zenker F. y Barajas J. J. (1999b). *Adaptación de audífonos en función del promedio del espectro de la palabra hablada. Estudio de un caso único*. En José Domingo Martín Espino (Eds.), Logopedia escolar y clínica, Últimos avances en Evaluación e Intervención, (pp. 329-336), Madrid: Editorial CEPE.
- Zenker, F. *Medidas en oído real mediante sonda microfónica. Definición y aplicaciones, [on-line]*. Disponible en: <http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/1/040101.pdf>.
- Zenker, F. *La prescripción de la ganancia en la adaptación audiotrófica, [on-line]*. Disponible en: <http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/3/040301.pdf>.

Recibido: 27/01/03
Modificado: 16/06/03
Aceptado: 16/06/03