

EQUIVALENCIAS ENTRE AUDIOMETRÍA TONAL, BERA DE FRECUENCIA ESPECÍFICA Y POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE ESTADO ESTABLE DEL UMBRAL AUDITIVO EN NORMOYENTES*

Sonia Cristina Alonso Obregón**,
Irma Carvajalino Monje***,
Martín Edilberto Quevedo Bermúdez****,
Claudia Judith Castañeda Torres, Ada Mercedes Ujueta Guerra, Laura Ximena García Bolaños

Recepción: Octubre 22 de 2009
Aprobación: Octubre 30 de 2009

Resumen

Esta investigación de tipo descriptivo con un método observacional, pretendió establecer la equivalencia de los valores obtenidos del umbral auditivo en 19 sujetos normo oyentes entre los 18 y 40 años sin antecedentes audiológicos, otológicos, vestibulares y/o neurológicos, mediante las pruebas AT, BERA fe y PEA ee. La equivalencia se estableció tomando como referencia una distribución normal con una media en 0 y una desviación estándar de 1, determinando a cuántas desviaciones estándar estaba cada dato natural por arriba o por debajo de la media transformando el dato en bruto en un puntaje estándar, también llamado puntaje Z. Concluyendo que las pruebas comportamentales y electrofisiológicas ofrecen una visualización individual por prueba, y de conjunto, sin embargo para que a partir de los resultados de equivalencia sea aplicables es necesario ampliar la muestra, así mismo poder establecer una normativa para los equipos utilizados en el Laboratorio de Audiología de la CUI.

Palabras clave: Audiometría tonal, potenciales evocados auditivos de estado estable, potenciales evocados auditivos de frecuencia específica, pruebas comportamentales, pruebas electrofisiológicas.

EQUIVALENCES BETWEEN TONAL AUDIOMETRY, BERA FREQUENCY SPECIFIC ABR AND STEADY-STATE AUDITORY THRESHOLD IN NORMAL HEARING

Abstract

This descriptive research with an observational method, intended to establish the equivalence of auditory threshold values obtained in 19 subjects normal listeners between 18 and 40 years

* Investigación desarrollada en el grupo de Investigaciones Audiológicas de la Corporación Universitaria Iberoamericana.

** Fonoaudióloga. Esp. Audiología. sc.alonso@laibero.net

*** Fonoaudióloga. Esp. Audiología. irmac@hotmail.com

**** Asesor Metodológico. mquevedo@hotmail.com

with no history audiological, otological, vestibular and / or neurological testing by AT, BERA ee faith and PEA. The equivalence is established by reference to a normal distribution with mean 0 and standard deviation of 1, determining how many standard deviations each was natural given above or below average in transforming raw data into a standard score, also score called Z. Concluding that the behavioral and electrophysiological tests provide individual viewing test, and on the whole, however that from the results of equivalence is applicable is necessary to expand the sample and the same power to establish rules for equipment used in the Laboratory Audiology in the CUI.

Key words: Audiometry, steady state evoked potentials, specified frequency evoked potentials, behavioral testing, electrophysiological testing

INTRODUCCIÓN

Los niveles auditivos de las personas ha sido la preocupación de diversos profesionales de la salud, quienes asociados a la tecnología, la ingeniería y la electrónica, han logrado verdaderos avances en la “Audiología Clínica”, desarrollando una gran variedad de equipos y pruebas para establecer de manera confiable los umbrales auditivos de los seres humanos en el transcurso de la vida, especialmente en la población difícil de evaluar como los niños pequeños, simuladores o en sujetos donde su condición de discapacidad, no les permite referir respuestas volitivas.

Aún así, en la praxis clínica, las pruebas objetivas electroacústicas y/o electrofisiológicas y las pruebas subjetivas o comportamentales, por sí solas, no dan una valoración total del paciente, por lo que se hace necesario el uso simultáneo de ellas, para realizar un diagnóstico audiológico preciso, que permita determinar la conducta a seguir en cada caso particular.

Dentro de las pruebas audiológicas objetivas electrofisiológicas, para determinar el umbral auditivo, se encuentran los Potenciales evocados auditivos de corta latencia, en cuya representación, para esta investigación se considerará el BERA de frecuencia específica (PEA fe) y los Potenciales Evocados Auditivos de estado estable (PEA

ee); y dentro de las pruebas comportamentales, se considerará la Audiometría tonal (AT).

En los últimos años, con el avance tecnológico se ha implementado el uso de los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable (PEA ee) para la valoración objetiva de la Audición a partir de frecuencia específica. Los PEA ee, son cambios de voltaje que se producen en la vía auditiva hasta tallo cerebral superior, ante estímulos tonales breves de frecuencia específica (500, 1000, 2000 y 4000 Hz), presentados simultáneamente y modulados a diferentes periodicidades, cuyas respuestas corresponden a curvas de sintonías que se superponen (Pérez, 2001).

Sin embargo, es limitada la información que se tiene acerca de esta técnica para la valoración de los umbrales auditivos. Un proyecto de investigación desarrollado en la Universidad de Valencia, España, desarrollada por Martínez (2001), se propuso comparar las capacidades de diagnóstico auditivo de esta técnica diagnóstica frente a la Audiometría Tonal Liminar. Mediante este trabajo se establece el gran potencial que presenta esta nueva técnica para la determinación de umbrales, implementándola con un algoritmo estadístico.

En la práctica clínica diaria, no se cuenta con una evidencia científica acerca de la equivalencia de los resultados de estas pruebas por lo que sur-

ge la necesidad de realizar un estudio que provea parámetros estadísticamente significativos para determinarla, lo cual permitirá asegurar que el diagnóstico audiológico de cualquiera de las pruebas es significativo y equivalente con cualquiera de los utilizados en ésta comparación.

El proyecto se enfocó inicialmente en la normatización de los resultados obtenidos en las pruebas de Audiometría tonal realizada con el Audiómetro Fonix FA 12, y los resultados obtenidos en la prueba del BERA fe y PEA ee, con el equipo AUDERA del Laboratorio de Audiología de la Corporación Universitaria Iberoamericana (CUI) en muestras de pacientes normo oyentes.

Barra (2007) realizó la normatización de las latencias absolutas y relativas a nivel supraumbral para un equipo de potenciales evocados de tronco-encéfalo de la clínica fonoaudiológica de la Universidad de Talca, con el objetivo de describir las características de latencias absolutas y de intervalos interondas de la componente I, III y V de los PEAT a nivel supraumbral (75 dB nHL); y establecer la diferencia en dB entre el umbral de la onda V y el promedio de las frecuencias de 2000 y 4000Hz obtenidos en la audiometría, en sujetos normo oyentes sin patología auditiva, utilizando parámetros de estimulación y de registro propios de la Clínica Fonoaudiológica de la Universidad de Talca.

Al realizar la recolección de antecedentes relacionados con estudios acerca de la equivalencia de los resultados de las tres pruebas mencionadas, se encuentran investigaciones que pretenden comparar los resultados entre unas y otras como es el caso del estudio realizado por Piña (2004), que compara los métodos diagnósticos de los Potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC), con los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable a Multifrecuencia (PEAMF), y la Audiometría Tonal (AT) obteniendo baja concordancia entre los PEATC y PEAMF y

mayor concordancia entre PEAMF y AT (Benito-Orejas, Ramírez, Morais, Almaraz & Fernández Fernández - Calvo, (2008)).

Luts, Desloovere, Kumar, Vandermeersch & Wouters (2004) ha evaluado umbrales auditivos con BERA fe, con audiometría por observación del comportamiento en bebés y con PEA ee, concluyendo que los PEA ee estiman los umbrales auditivos de los bebés de una manera más eficiente. En el estudio realizado por Kúlekc, Terlemez & Iprut (2007) al comparar resultados en 500 Hz de BERA fe y BERA click se concluye que 500 Hz de la onda V BERA fe no ha madurado sino hasta los 2 a 4 años, pero la latencia de la onda V en BERA click alcanza la madurez en el mismo rango de edad.

Un estudio practicado en adultos realizado por Lin et al, (2008) compara los resultados entre PEA ee y BERA en sujetos adultos con pérdida auditiva neurosensorial, concluyendo que el PEA ee es un examen más fiable para el pronóstico preciso de umbrales auditivos que los BERA, y que estos pueden ser usados como una excelente herramienta electrofisiológica para la evaluación clínica de adultos con pérdida auditiva.

En otras palabras, se evidencia que, en investigaciones realizadas de manera comparativa entre pruebas comportamentales y electrofisiológicas con diferentes objetivos y poblaciones en diversas condiciones, no hay una concordancia entre los datos arrojados, y que cada uno da un dato de referencia sobre pruebas diversas y no se encuentra el nivel de coincidencia entre ellas.

En consecuencia se podría establecer que el nivel de equivalencia entre estas tres pruebas (AT, BERA fe y PEA ee), realizada en la actualidad es inconsistente, y por lo tanto no sería un diagnóstico basado en pruebas únicas o en conjunto, así mismo, es importante que para cada laboratorio se realicen las normativas correspondientes a

cada uno de los equipos y pruebas que se realicen, para no correr el riesgo de producir sesgos en el conocimiento, con lo que se podría incurrir en posibles errores de evaluación y diagnóstico al determinar la conducta a seguir con cada paciente.

Por tanto, es de interés del grupo de investigaciones audiológicas de la Corporación Universitaria Iberoamericana confirmar si los resultados arrojados por la AT como prueba comportamental, el BERA fe y los PEA ee como pruebas electrofisiológicas presentan equivalencias al determinar el umbral auditivo en la población adulta normoyente en el laboratorio de Audiología de CUI.

Las diferentes conclusiones audiológicas deben estar sustentadas en la realización de pruebas diagnósticas con equipos debidamente calibrados y personal calificado, sin embargo, a pesar de existir normativas generalizadas sobre valores obtenidos en pruebas subjetivas y objetivas, es importante que cada laboratorio de audiología realice las equivalencias tanto de los equipos utilizados como de las pruebas aplicadas, ya que, como lo menciona Barra (2008) los registros de los PEAT son sensibles a diferencias en los parámetros de estimulación, en los parámetros de registro y condiciones de registro.

Es así como el deber de los Audiólogos es establecer en su práctica clínica, los estándares precisos para la utilización de equipos de alta tecnología y su respectiva correlación con las evaluaciones realizadas con las baterías comportamentales, requeridas durante la atención de los pacientes, priorizando que el establecimiento de los umbrales auditivos, sean de tipo comportamental (AT) o electrofisiológicos (BERA fe y PEA ee).

Lo anterior asegurará que las pérdidas auditivas detectadas en cualquier etapa de la vida, especialmente en edades tempranas, y que constituye

un impacto en el desempeño comunicativo, académico, social y laboral, pueda hacer la diferencia entre un proceso de rehabilitación efectivo y uno tardío.

Esta premisa es el pilar de los avances tecnológicos desarrollados y en proceso de invención y/o validación de los equipos diseñados para medir la audición de las personas, aportando así, herramientas clínicas a los profesionales en la Audiología.

MARCO METODOLÓGICO

La muestra se realizó en 19 pacientes de género indistinto con edades comprendidas entre los 18 y 40 años, dentro de los criterios de inclusión se encuentran sujetos con audición dentro de parámetros normales bilateralmente, considerados entre 0 y 10 dB HL, sin antecedentes otológicos (enfermedad actual de oído, ni secuelas de ello), ni antecedentes neurológicos relacionados con vía auditiva o sistemas sensitivo-motores que puedan comprometer la conducción aferente de la vía del VIII par.

Procedimiento

Se inició con la selección de la muestra diligenciando el formato de anamnesis y evaluación audiológica, donde se recogen datos personales y antecedentes y se registra información de los resultados obtenidos a partir de la otoscopia, audiometría tonal e inmitancia acústica (timpanogramas y reflejos), una vez seleccionada la muestra se inició el procedimiento de pruebas bajo el protocolo propuesto, con la realización de la Audiometría tonal con búsqueda de umbrales monoaurales, a través de tonos puros modulados en la gama frecuencial de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz, posteriormente se realizó el BERA fe, Aplicando el protocolo con búsqueda de umbrales monoaurales, a través de estímulos filtrados tipo tone Pip en las frecuencias de 500, 1000, 2000 y

4000 Hz. Los PEA ee, se realizaron aplicando el protocolo con búsqueda de umbrales monoaurales, a través de estímulos modulados en amplitud, en las frecuencias de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. Finalmente se realizó al análisis y desarrollo de cada una de las pruebas realizadas en cada participante, dando cuenta del análisis estadístico de los datos encontrados en cada prueba y en cada sujeto por cada una de las frecuencias estimuladas, reportando el registro de resultados con su discusión y conclusiones acerca de los datos encontrados.

RESULTADOS

Como criterios de inclusión para la investigación se tuvo en cuenta que la población objeto de estudio fuera adulto joven entre 18 y 40 años, con umbrales auditivos entre -10 y 10 dB HL, (Stach, 1998), sin antecedentes otológicos, audiológicos, vestibulares y/o neurológicos que afectaran la recolección de respuestas auditivas. Siendo enterados del procedimiento a seguir, los sujetos acordaron firmar el consentimiento informado, documento por el cual se exime a la CUI y al equipo de investigación de cualquier eventualidad durante el proceso.

Al analizar los resultados de la Audiometría Tonal (AT) se encontró que el umbral auditivo de mayor prevalencia en la frecuencia de 500 Hz corresponde a 0 dB HL con el 53% (n = 10) por oído derecho; el 37% (n = 7), por oído izquierdo, seguido por el umbral de 5 dB HL con el 32% (n = 6), por oído izquierdo y el 26% (n = 5) por oído derecho, en 10 dB HL con el 21% (n = 4) por oído izquierdo y 16% (n = 3) por oído derecho, el umbral de -5 dB HL se encontró en el 11% (n = 2) por oído izquierdo y en el 5% (n = 1) por oído derecho. Para el umbral de -10 dB HL no se registró ningún sujeto evaluado de la muestra tanto para oído derecho como oído izquierdo. (Figura 1).

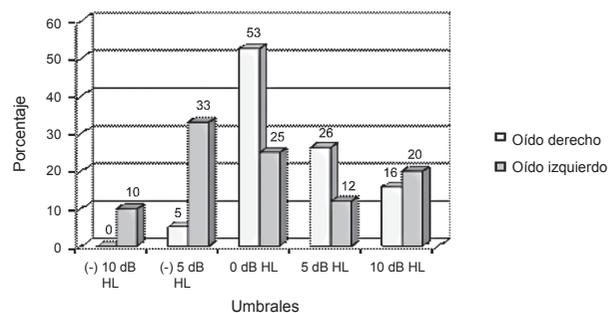


Figura 1. Audiometría Tonal. Umbral Auditivo 500 Hz.

En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos al evaluar la frecuencia de 1000 Hz; El mayor porcentaje se encuentra en el umbral audiométrico de 0 dB HL con el 58% (n = 11) por oído derecho y el 47% (n = 9), por oído izquierdo seguido por el umbral de 5 dB HL con el 32% (n = 6), por oído derecho y el 32% (n = 7) por oído izquierdo; con un umbral de 10 dB HL se encontró el 11% por oído izquierdo (n = 2) y 5% (n = 1), por oído derecho, un umbral de -5 dB HL se encontró en un 5% (n = 1) por oído izquierdo y derecho. Para el umbral de -10 dB HL no se registró ningún sujeto evaluado de la muestra tanto para oído derecho como oído izquierdo.

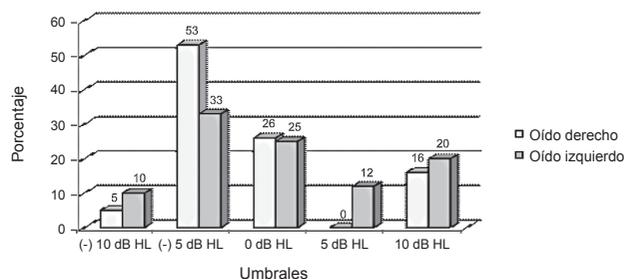


Figura 2. Audiometría Tonal. Umbral Auditivo 1000 Hz.

En la figura 3, se presentan los resultados obtenidos al evaluar umbral auditivo en la frecuencia 2000 Hz, encontrando en el 58% (n= 11), por oído izquierdo y el 42% (n= 8) por oído derecho, seguido por el umbral de 5 dB HL con el 37% (n= 7) por oído derecho y el 26% (n=5) por oído izquierdo; un umbral de 10 dB HL, en

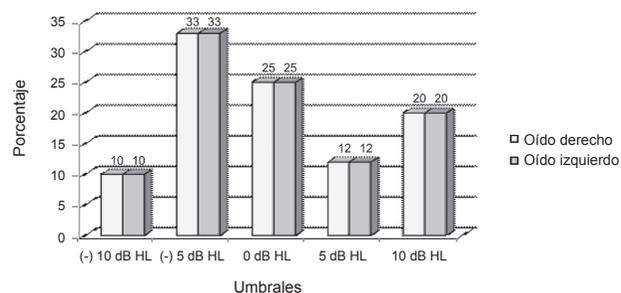


Figura 3. Audiometría Tonal .Umbral Auditivo 2000 Hz.

el 11% (n=2) por oído izquierdo y 5% (1) por oído derecho, el umbral de -5 dB HL del 11% (n=2) por oído derecho y del 5% (n=1) por oído izquierdo. Para el umbral de -10 dB HL no se registró ningún sujeto evaluado de la muestra tanto para oído derecho como oído izquierdo. En esta frecuencia se registro un sujeto (5%) con un umbral tonal correspondiente a 15 dB HL por oído izquierdo, por lo cual fue excluido de la muestra.

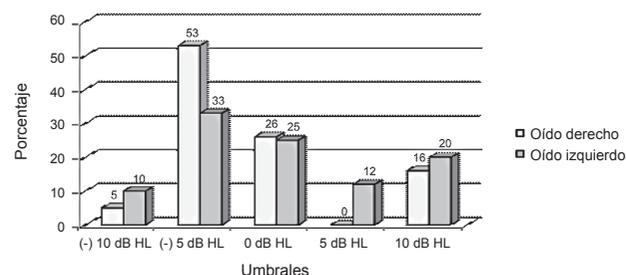


Figura 4. Audiometría Tonal .Umbral Auditivo 4000 Hz.

Para la frecuencia de 4000 Hz, como se presenta en la figura 4, se evidencia que el 47% (n=9) en oído derecho y el 42% (n=8) de los sujetos en oído izquierdo presentan el umbral audiométrico en 0 dB HL, seguido del umbral en 5 dB HL con el 37% (n=7) por oído izquierdo y del 26% (n=5) por oído derecho. En esta frecuencia, el umbral correspondiente a -5 dB HL se obtiene en un 16% (n=3) para el oído derecho y del 11% (n=2) para oído izquierdo; el umbral auditivo en 10 dB se obtuvo en el 11% (n=2), obtenidos para oído derecho y en el 5% (n=1) para oído izquierdo. El umbral de -10 dB HL, no se evidenció en esta

frecuencia. En esta frecuencia se registró en el oído izquierdo un sujeto con un umbral auditivo de 20 dB HL, por lo cual este valor no se considerará dentro de la muestra.

En la primera sesión, se realizó también la prueba electrofisiológica de Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral (BERA) Topodiagnóstico, con el fin de tener referencia de la latencia de la onda V para el análisis de esta onda en el BERA fe, con el equipo para electrofisiología GSI AUDERA con parámetros de estimulación y recolección propios del protocolo diseñado para tal fin.

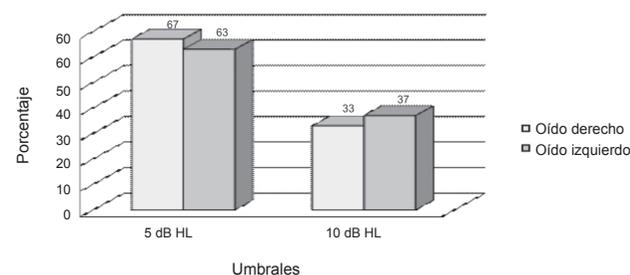


Figura 5. BERA fe. 500 Hz.

Para la prueba de Potenciales Evocados Auditivos fe, teniendo en cuenta que para el oído derecho se tomaron 15 datos y para el oído izquierdo 16, en la figura 5 se observa que en la frecuencia de 500 Hz un umbral auditivo electrofisiológico, en 5 dB HL con un porcentaje del 67% (n=10) para el oído derecho y del 63% (n=10), para oído izquierdo seguido por el umbral de 10 dB HL para oído izquierdo en el 37% (n=6) y de 33% (n=5) para el oído derecho. No se registraron resultados de esta prueba en 4 oídos derecho y en 3 oídos izquierdos por condiciones adversas del sujeto evaluado y/o del ambiente por lo que se excluyeron estos datos de la muestra.

Para la prueba de Potenciales Evocados Auditivos fe, teniendo en cuenta que para el oído derecho se tomaron 16 datos y para el oído izquierdo 17, para la frecuencia 1000 Hz, como se observa

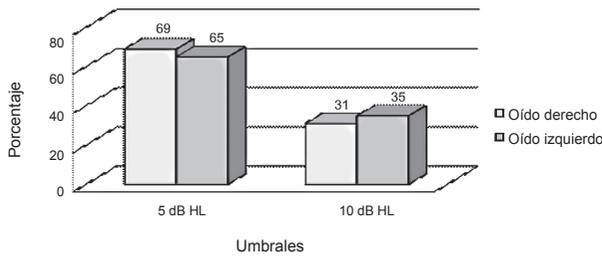


Figura 6. BERA fe. 1000 Hz.

en la figura 6, el umbral auditivo electrofisiológico se obtiene en el 69% (n=11) en 5 dB HL para el oído derecho y 65% (n=5) para el oído izquierdo. El umbral de 10 dB fue observado en el 35% (n=11) para oído izquierdo y en el 31% (n=6) para el oído derecho. En esta frecuencia no se registraron umbrales en tres casos (n=3) en el oído derecho y en dos en el oído izquierdo.

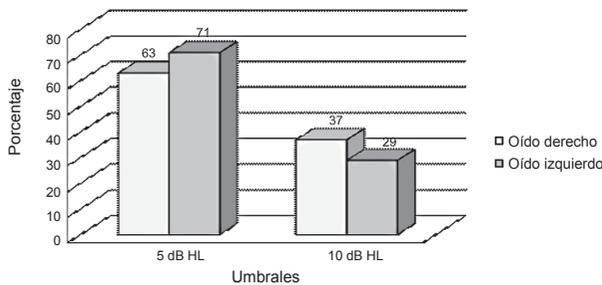


Figura 7. BERA fe. 2000 Hz.

Para la prueba de Potenciales Evocados Auditivos fe, teniendo en cuenta que para el oído derecho se tomaron 16 datos y para el oído izquierdo 17, para la frecuencia de 2000 Hz, como se muestra en la figura 7, la presencia de umbrales auditivos electrofisiológicos a 5 dB HL en el 71% (n=12) en oído izquierdo y del 63% (n=10), para oído derecho, seguido del umbral hallado en 10 dB HL para el 37% (n=6) de la muestra en oído derecho y del 29% (n=5) para el oído izquierdo. En esta frecuencia no se registraron umbrales en tres sujetos para oído derecho y en dos para el oído izquierdo.

Para la prueba de Potenciales Evocados Auditivos fe, teniendo en cuenta que para el oído dere-

cho se tomaron 15 datos y para el oído izquierdo 16, para la frecuencia de 4000 Hz, la figura 8 muestra que en la frecuencia de 4000 Hz, se presentó el umbral auditivo electrofisiológico en 5 dB HL en el 67% (n=10) por oído derecho y el 56% (n=9) por oído izquierdo, seguido por el umbral en 10 dB HL con el 38% (n=6) por el oído izquierdo y el 33% (n=5) por el oído derecho y en el 6% (n=1) se encontró el umbral en 15 dB HL por oído izquierdo. En cuatro sujetos no se registraron los umbrales electrofisiológico por oído derecho y en tres sujetos por oído izquierdo, siendo excluidos del estudio.

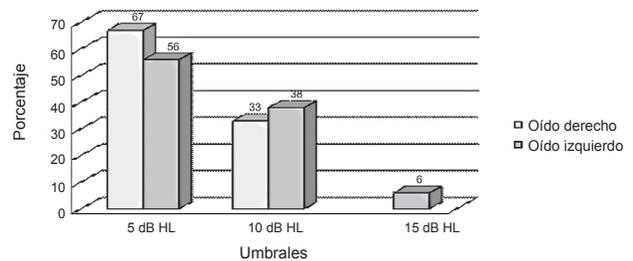


Figura 8. BERA fe. 4000 Hz.

La prueba electrofisiológica de PEA ee, mantuvo las mismas especificaciones para la prueba de BERA Topodiagnóstico y BERA fe, con el equipo GSI AUDERA.

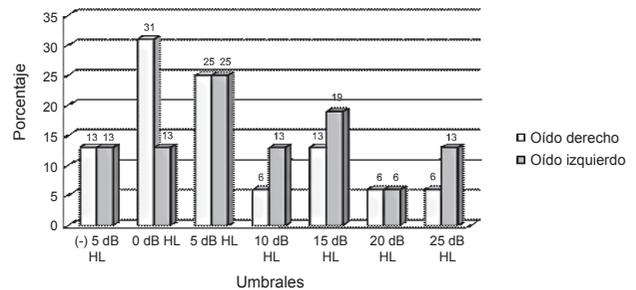


Figura 9. PEA ee. 500 Hz.

La figura 9 presenta los resultados obtenidos al evaluar a los 16 oídos derechos y 16 oídos izquierdos, en la frecuencia de 500 Hz, siendo evidentes los umbrales electrofisiológicos en 31% (n=5) a 0 dB HL en oído derecho seguido del 25% (n=4)

con umbral en 5dB HL tanto para oído izquierdo como para oído derecho. En escala descendente se encuentra que para el oído izquierdo, el 19% (n=3) se obtiene un umbral en 15 dB HL. Se obtienen umbrales de -5 dB HL en un 13% (n=2), para oído izquierdo y derecho, al igual que en 10 dB HL para el oído izquierdo, en 15 dB HL para oído derecho y en 25 dB HL para oído izquierdo. El 6% (n=1) de la muestra presentó umbrales auditivos electrofisiológico por oído derecho a 10 dB HL, en 20 dB HL para oído derecho e izquierdo y en 25 dB HL para oído derecho.

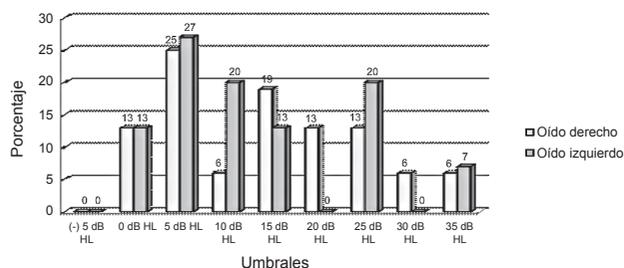


Figura 10. PEA ee. 1000 Hz.

La figura 10 presenta los resultados obtenidos al evaluar a los 16 oídos derechos y 15 oídos izquierdos, en la frecuencia de 1000 Hz, observando los umbrales electrofisiológicos en 27% (n=4) en oído izquierdo seguido del 25% (n=4) con umbral en 5 dB HL en oído izquierdo y oído derecho respectivamente. En escala descendente se encuentra que para el oído izquierdo, el 20% (n=4) se obtiene un umbral en 10 dB HL y 25 dB HL. Se obtienen umbrales de 15 dB HL en un 19% (n=3), para oído derecho; un umbral de 0 dB HL se obtiene en el 13 % (n=2) para oído derecho e izquierdo, al igual que para 15 dB HL en oído izquierdo, y 20 y 25 dB HL en oído derecho. En un 6% (n=1), se encontró el umbral en oído derecho en 10, 30 y 35 dB HL y para el oído izquierdo el umbral se encontró en 35 dB HL en un 7 % (n=1).

La figura 11 presenta los resultados obtenidos al evaluar a los 16 oído derechos y 16 oídos iz-

quierdos, en la frecuencia de 2000 Hz, observando los umbrales electrofisiológicos en 31% (n=5) en oído derecho con un umbral electrofisiológico en 10 dB HL seguido del 25% (n=4) con umbral en 20 dB HL en oído izquierdo y oído derecho. En escala descendente se encuentra que para el oído izquierdo, el 19% (n=3) un umbral en 15 dB HL y 25 dB HL. Se obtienen umbrales de 10 dB HL para oído izquierdo para el 13% (n=2) y 15 y 40 dB HL para el 13% (n=2) para oído derecho, seguidos de los umbrales 5, 35, y 60 dB HL en el 6% (n=1) para oído derecho; para oído izquierdo se obtiene un umbral en 5, 30, 50 y 60 dB HL para el 6% (n=1) de la muestra evaluada.

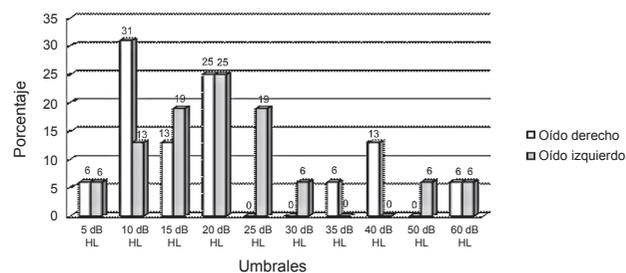


Figura 11. PEA ee. 2000 Hz.

La figura 12 presenta los resultados obtenidos al evaluar a los 16 oídos derechos y 15 oídos izquierdos, en la frecuencia de 4000 Hz, observando los umbrales electrofisiológicos en 31% (n=5) en oído derecho con un umbral electrofisiológico en 20 dB HL seguido del 27% (n=4) con umbral en 20 dB HL en oído izquierdo. En escala descendente se encuentra que para el oído derecho el 25% (n=4) un umbral en 30 dB HL. Se obtienen umbrales de 5, 15 y 30 dB HL en un 13% (n=2), para oído izquierdo; y un umbral de 5 y 15 dB HL en el 13 % (n=2) para oído derecho; para oído izquierdo se obtiene un umbral en 25, 35, 45, 50 y 55 dB HL para el 7% (n=1) de la muestra evaluada y un umbral de 0, 25 y 45 dB HL en un 6% (n=1) para oído derecho.

El último objetivo propuesto para la presente investigación intentaba determinar el nivel de

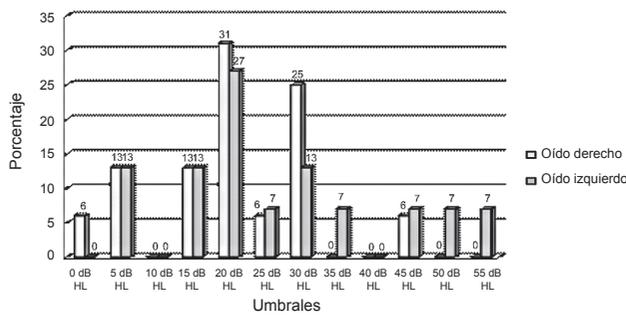


Figura 12. PEA ee. 4000 Hz.

equivalencia entre cada uno de los valores de nivel auditivo de las tres pruebas (AT, BERA fe y PEA ee) al aplicarlas en un grupo de sujetos normoyentes en el Laboratorio de Audiología de la Corporación Universitaria Iberoamericana, con lo cual se tuvo como parámetro de criterio la curva normal. Se ha aludido en varias ocasiones la facilidad con la que las puntuaciones se pueden transformar unas con otras, en especial si la distribución subyacente de puntuaciones naturales se adapta a la curva normal. De hecho, la forma exacta en la que se presentan las puntuaciones es, en gran medida una cuestión de conversión.

No obstante, nunca se debe perder de vista el principal propósito de estas transmutaciones estadísticas, es decir el ayudar a los usuarios de las pruebas a darle un significado a cierta puntuación con respecto a otra comparación apropiada. En el caso de las mediciones de la presente investigación, se tomó la puntuación natural de la persona examinada en términos de su distancia con respecto a las media en unidades de desviación estándar. Considerando la densidad de probabilidad desde una muestra se puede encontrar que el perfil que dibuja un Histograma tiene un escalonamiento irregular, debido a la imposibilidad de contar con una población numerosa de participantes, diferente a lo que ocurre cuando se cuenta con una población numerosa de individuos donde la amplitud de los rectángulos puede ser muy pequeña, en consecuencia el perfil del

Histograma tenderá hacia una distribución continua (como mínimo 1000 participantes), por lo que si trazamos los polígonos de frecuencia de nuestros datos, cada uno de ellos se aproximará a la curva normal. Sin embargo, como se dijo anteriormente la intención del presente estudio fue simplemente determinar el nivel de equivalencia entre cada uno de los valores de nivel auditivo de las tres pruebas AT, BERA fe y PEA ee, para ello se comenzó haciendo una presentación de los datos a diferentes frecuencias comparados con la distribución normal.

La respectiva equivalencia de las puntuaciones para las pruebas AT, PEA fe y PEA ee, a 500, 1000, 2000 y 4000 HZ, son presentadas a continuación:

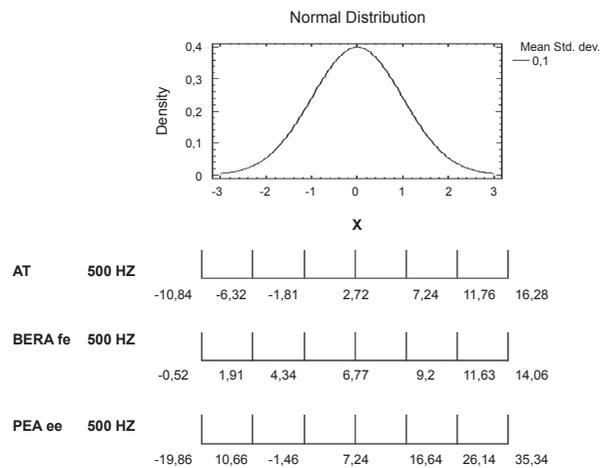


Figura 13. Equivalencia de las pruebas AT, BERA fe y PEA ee, a 500 Hz.

En la Figura 13 se observa que la media en 500 Hz para AT, está en 2.72 con una desviación estándar de 4.52, lo que correspondería a la media en PEA fe a 6.77 con una desviación estándar de 2,43 y en PEA ee, a 7.24 con una desviación estándar de 9.4.

En la figura 14 se observa que la media en 1000 Hz para AT, está en 2.2 con una desviación estándar de 3.52, lo que correspondería a la media en PEA fe a 6.66 con una desviación estándar de

2,39 y en PEA ee, a 13.54 con una desviación estándar de 10.46.

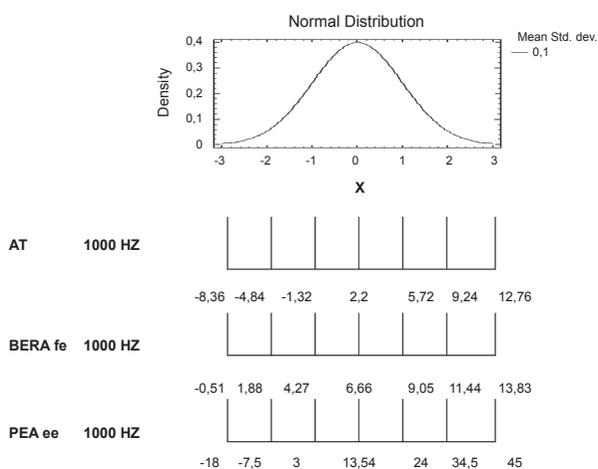


Figura 14. Equivalencia de las pruebas AT, PEA fe y PEA ee, a 1000 Hz.

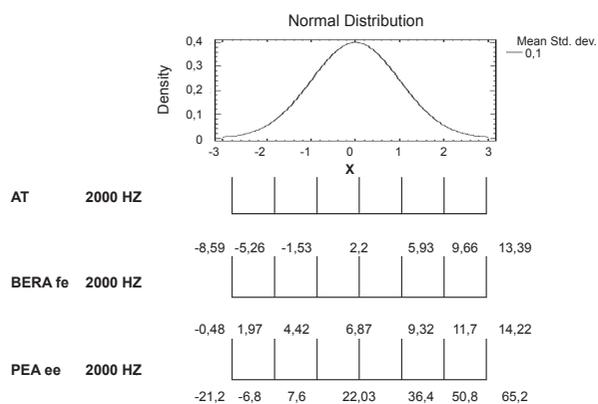


Figura 15. Equivalencias de las pruebas AT, BERA fe y PEA ee, a 2000 Hz.

En la figura 15 se observa que la media en 2000 Hz para AT, está en 2.2 con una desviación estándar de 3.73, lo que correspondería a la media en PEA fe a 6.87 con una desviación estándar de 2,45 y en PEA ee, a 13.54 con una desviación estándar de 14.37.

En la figura 16 se observa que la media en 4000 Hz para AT, está en 1.91 con una desviación estándar de 4.04, lo que correspondería a la media

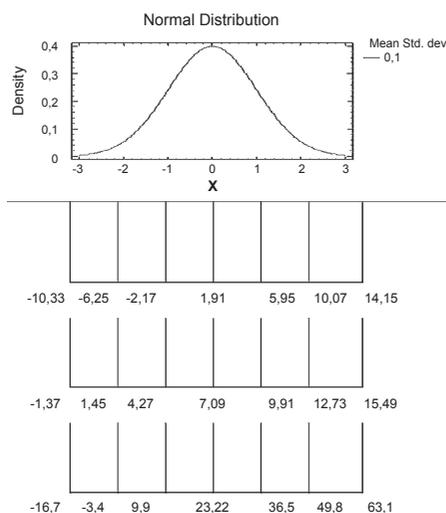


Figura 16. Equivalencias de las pruebas AT, BERA fe y PEA ee, a 4000 Hz.

en PEA fe a 7.09 con una desviación estándar de 2,82 y en PEA ee, a 23.22 con una desviación estándar de 13.28.

DISCUSIÓN

La determinación del umbral auditivo se obtiene a partir de diferentes estrategias de evaluación audiológica como son la audiometría tonal liminal, prueba comportamental que arroja resultados audiométricos a partir de tonos puros, en un rango frecuencial de 250 a 8000 Hz, en el mínimo valor de intensidad a la que el sujeto percibe el estímulo. Las pruebas electrofisiológicas evalúan la integridad de la vía auditiva, a partir de la utilización de diferentes tipos de estímulos, como son el click, que contiene un rango frecuencias entre 1000 y 6000 Hz, con un pico de compresión entre 2000 y 3000 Hz. A partir de este se efectúa el Bera Topodiagnóstico y el Bera Umbrales; los tonos Pip, son utilizados en Electrofisiología, para obtener respuesta en diferentes espectros frecuencial, denominando a esta prueba Potenciales Evocados auditivo de frecuencia específica PEA fe, que permite obtener umbrales electrofisiológicos en diferentes frecuencias. Por último los potenciales evocados auditivos de estado estable PEA ee, son una prueba electro-

fisiológicas que al modificar los parámetros de estimulación, utilizando estímulos de frecuencia modulada, permite obtener umbrales auditivos electrofisiológicos, en diferentes frecuencias, lo que llevó al grupo investigador a plantearse el objetivo de esta investigación.

Con este proyecto se pretendió establecer la equivalencia de tres pruebas audiológicas que determinan el umbral auditivo, la audiometría tonal, como prueba comportamental y potenciales evocados auditivos de frecuencia específica y potenciales evocados de estado estable como pruebas electrofisiológicas en el laboratorio de Audiología de la Corporación Universitaria Iberoamericana, con el Audiómetro Phonix FA 12 y el Equipo de Electrofisiología GSI Audera.

Para el análisis descriptivo de los resultados obtenidos en las pruebas, se ofrece una aproximación sobre como se podría llegar a establecer la equivalencia en los valores de umbrales auditivos en cada una de las frecuencias evaluadas, teniendo en cuenta que en las pruebas se presentan diferencias en metodología, tipo de estímulo y condiciones del sujeto, entre otras, para determinar con certeza los niveles auditivos (umbrales comportamentales y electrofisiológicos) de los sujetos evaluados.

Como se mencionaba al inicio del proyecto, existen escasos estudios que muestren la determinación de la equivalencia de los resultados entre las tres pruebas seleccionadas AT; PEA fe y PEA ee a nivel de los umbrales auditivos. Durante el desarrollo de la presente investigación se pudo evidenciar tanto los avances como las dificultades presentadas durante en el proceso de recolección y análisis de información y toma de muestra, lo que servirá para tener en cuenta en el desarrollo de futuras investigaciones.

Al analizar cada uno de los resultados, se observa inicialmente que hay diferencias en los

valores del umbral auditivo, por lo que el procedimiento para establecer la equivalencia de los valores obtenidos para determinar el umbral auditivo comportamental y electrofisiológico a partir de las tres pruebas estudiadas, se llevó a cabo tomando como referencia una distribución normal donde la media es el cero con una desviación estándar de uno y convirtiendo los valores en puntuaciones Z. La Curva Teórica Normal tiene como característica el que existan dos puntos de inflexión, uno a cada lado de la media, dichos puntos de inflexión en una curva normal, están a una desviación estándar de la media, sin que la curva nunca toque el eje, puede que se acerque cada vez más a él, sin embargo nunca llega a tocarlo, es asintótica al eje horizontal. En este caso estos puntos de inflexión fueron la base para la transformación de los puntajes naturales a puntuaciones Z, estimando para cada uno de ellos desde las diferentes frecuencias a $\pm 1, 2$ y 3 en unidades de desviaciones estándar Z, con respecto a sus medias.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio no permiten establecer una equivalencia que se pueda generalizar, se requiere de una muestra más amplia, inicialmente con sujetos normales, confirmando los resultados obtenidos en esta primera aproximación y posteriormente ampliando la muestra a sujetos con disminución auditiva y sujetos en diferentes rangos de edad, permitiendo el proceso de evaluación y diagnóstico audiológico.

Al establecer equivalencias a partir de los resultados obtenidos con diferentes pruebas donde se manejan diversos y específicos parámetros de recolección y de medición es importante establecer los protocolos, con el fin de que variables extrañas no intervengan en los resultados obtenidos. Los umbrales auditivos se pueden establecer con cualquiera de las pruebas audiológicas diseñadas

para tal fin, comportamentales y electrofisiológicas, sin embargo requieren de la experticia del evaluador, las condiciones óptimas durante su realización y las características anatomofisiológicas particulares de cada sujeto para determinar su confiabilidad. El establecimiento de las equivalencias audiológicas también deben incluir la estandarización de los equipos utilizados en cada uno de los laboratorios en los que se procesen las investigaciones futuras, así, se controlaran los factores externos que incidan en el registro de los resultados.

A pesar de precisar las características físicas y condiciones del ambiente óptimos para la realización de las pruebas, es de considerar la importancia de un ambiente adecuado, aspectos del sujeto y otras variables extrañas que puedan influir en los resultados, especialmente en los PEA ee, los cuales se vieron notoriamente afectados por cambios eléctricos e interferencia de ruidos cercanos.

Es importante considerar, que aunque la investigación fue orientada a establecer equivalencias entre umbrales, se debe incluir, como se realizó en este estudio, la valoración del estado funcional del oído medio a través de la Inmitancia acústica, por medio del cual se encontró que a pesar de registrarse umbrales audiológicos de normalidad, no así se registro en el timpanograma y/o reflejos estapediales, valores que pueden incidir en los resultados obtenidos.

Determinar el umbral audiológico y electrofisiológico, debe y seguirá siendo el objetivo primordial de la valoración audiológica, por medio de diversas estrategias para la obtención de resultados, sin embargo, es relevante realizar el cruce de resultados o "Cross Check" teniendo en cuenta los aportes de cada prueba realizada ofrece a la práctica clínica, por esta razón se sugiere continuar las investigaciones en aras de establecer estas equivalencias no solo con las pruebas pro-

puestas en esta investigación, sino también con baterías pretendientes a valorar el umbral auditivo.

REFERENCIAS

- Barra B. J. *Normalización de las latencias absolutas e interondas a nivel supraumbral para un equipo de potenciales evocados de troncoencéfalo de la clínica fonoaudiológica de la Universidad de Talca*. Recuperado en agosto de 2009 de http://dspace.otalca.cl/retrieve/17830/barra_b.pdf.
- Benito, J., Orejas, B., Ramírez, D., Morais, A., Almaraz, J. & Fernandez, C. (2008). *Comparison of two-step transient evoked otoacoustic emissions (TEOAE) and automated auditory brainstem response (AABR) for universal newborn hearing screening programs*. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology 72, 1193 -1201.
- Kulekc, I. Terlemez, A. & Iprut, F. (2007). *500 Hz logon versus click ABR maturation*. Recuperado en Julio de 2009 de www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=International%20Journal%20of%20Pediatric%20Department%20of%20Audiology%20Marmara%20University%20Medical%20School%20Istanbul%20Turkey%20Otorhinolaryngology.71.775-779.
- Lin, Y. Ho, A. (2008). *HNS, Comparison of auditory steady-state responses and auditory brainstem responses in audiometric assessment of with sensorineural hearing loss*. Larynx international journal of ORL.
- Luts, H. & Desloovere, D. (2004). *Objective assessment of frequency - specific hearing thresholds in babies*. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 68, 915-926.
- Martínez B. M., Paz. (2001). *Validación clínica de los potenciales evocados auditivos de esta-*

do estable a Multifrecuencia para la evaluación objetiva de la audición. Recuperado en julio de 2009 en http://www.cibernetia.com/tesis_es/ciencias_medicas/ciencias_clinicas/otorrinolaringologia/3. Universidad: Valencia. Centro de lectura: medicina. Centro de realización: Facultad de Medicina y Odontología.

Pérez, A. Gaya, J. A. Savio, G. Ponce, M. Perrera, M. Reigosa, V. (2009). *Diagnóstico e intervención temprana de los trastornos de la audición: una experiencia cubana de 20 años.*

Recuperado en agosto de 2009 de [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pediatria/pesquaud-cuba-revneurolog 2005-41\(9\)556-63.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pediatria/pesquaud-cuba-revneurolog 2005-41(9)556-63.pdf).

Piña M., J. (2004). *Comparación de tres métodos de diagnóstico audiológico en la práctica clínica.* Recuperado en febrero de 2009 en <http://www.auditio.com/revista/vol2/3/020302.pdf>. División de Salud en el Trabajo, Jefatura de Servicios Médicos del IMSS, Saltillo, Coahuila, México.