

CORRELACIÓN ENTRE UMBRAL CONDUCTUAL (AUDIOMETRIA) Y UMBRAL ELECTROFISIOLÓGICO (PEAEE A MF MONOAURAL) AUDIX

* Ana Ruth Hernandez Cristancho y Dunia Ximena Paredes Aguirre

RESUMEN

El presente trabajo describe la correlación que existe entre el umbral conductual (UC) tomados de la Audiometría Tonal y el umbral electrofisiológico UE basado en el registro de Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable (PEAee) a múltiples frecuencias (MF) Monoaural. Se estudio un grupo de 30 niños (60 oídos) de 3 a 10 años de edad, 22 con audición normal y 8 con hipoacusia neurosensorial; Se tomaron los datos de la historia clínica de cada uno de los sujetos (Audiometría Tonal en 500, 1000, 2000 y 4000 Hz y PEAee a MF Monoaural en 500, 1000, 2000 y 4000 Hz en dB SPL, dB nHL y dB HL utilizando tonos modulados en amplitud entre 80 y 110 Hz). En términos generales entre el PEAee a MF Monoaural y la Audiometría Tonal se encontraron coeficientes de correlación altos mayores de 0.7 ; y entre las escalas SPL, nHL y HL del PEAee a MF fueron mayores de 0.9. Se encontraron diferencias entre UC y UE en cada una de las escalas dB SPL (de 41 a 56 dB), dB nHL (de 3 a 14 dB) y dB HL (33 a 48 dB). Se concluye que la técnica de PEAee a MF Monoaural presenta una correlación significativa con la audiometría tonal, demostrando que reduce considerablemente el tiempo de exploración manteniendo la confiabilidad con respecto a la predicción del umbral conductual.

Palabras Clave: Audiometria, Potencial evocado auditivo.

Los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable (PEAee) pueden ser obtenidos a diferentes frecuencias de estimulación. A bajas frecuencias de estimulación el

* Estudiantes del posgrado de Audiología de la Institución Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación.

PEAee se origina por superposición de los Potenciales Evocados Auditivos (PEA) de larga latencia (Maite, Picton; 1998), sin embargo, esas respuestas son pequeñas y muy variables ínter e intra sujetos, por lo que no han resultado muy útiles para la exploración audiométrica (Ploude y Picton; 1990; Ploure y cols; 1991). El típico ejemplo de una respuesta auditiva de estado estable es la respuesta a 40 Hz la cual se origina por superposición de la respuesta transiente de media latencia y fue descrita por Galombos y cols; 1981. Esta respuesta de 40 Hz es muy utilizada para determinar el nivel de profundidad de la anestesia general.

Varias características del PEAee a 40 Hz lo hacen ser una eficiente técnica para el monitoreo del nivel de conciencia durante la anestesia general. A pesar de estas ventajas de utilización, desafortunadamente esta respuesta no es clara en niños pequeños probablemente debido a que la corteza auditiva y sus conexiones no están completamente desarrolladas y a que la misma es atenuada durante el sueño y la sedación (Braun, ojo). Estas características han limitado su utilidad para la evaluación audiométrica a edades tempranas. Mas recientemente otros investigadores han reportado PEAee utilizando frecuencias de estimulación entre 80 y 100 Hz. En este caso la respuesta se origina por superposición de los Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral de corta latencia

(PEATC), los cuales son menos afectados por el sueño que la respuesta a 40 Hz y pueden ser recogidos en niños pequeños durmiendo (Cohen y cols; 1991; Aoyagi y cols; 1993; Levi y cols; 1993; Lins y cols; 1995^a)

Se han publicado varios trabajos que utilizan los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable (PEAee) entre 80 y 110 Hz donde comparan también los umbrales electrofisiológicos (UE) obtenidos con esta técnica con los umbrales conductuales (UC) en sujetos adultos audiológicamente sanos. La mayoría de estos estudios emplean como estímulo acústico tonos continuos modulados en amplitud, (en el rango entre 80 y 110 Hz) que se presentan o bien en forma

aislada o simultáneamente mediante la técnica de múltiples frecuencias. (Pérez, Savío y col; 1998)

Aoyagi y cols en 1994 registraron los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable (PEAee) a tonos aislados de amplitud modulada en un grupo de 20 adultos sanos y encuentran diferencias entre UC y UE de 34, 28.5 y 30 dB para las frecuencias 250, 1000 y 4000 Hz respectivamente. Otros investigadores utilizando también la técnica de PEAee a tonos aislados, reportan diferencias menores. Valdes y cols 1997 reportan una diferencia en UC y UE de 10 dB para frecuencia portadora de 1000 Hz, y de 14 dB para 500 Hz. Lins y cols 1995 encuentran para frecuencia portadora de 1000 Hz una diferencia de 16 dB.

Rickards y cols en 1994 registraron en lactantes PEAee a tonos aislados en 337 neonatos normales (1-7 días) y reportan diferencias entre UC y UE de 41, 24 y 35 dB para las frecuencias de 500, 1500 y 4000 Hz respectivamente. Lins y cols 1996, exploran 23 oídos en lactantes con la técnica de PEAee a multifrecuencia (MF) y encuentran diferencias entre UC y UE de 34, 22, 17 y 19 dB para las frecuencias de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz respectivamente.

Lins y Picton en 1995 evaluaron una muestra de 8 adultos sanos mediante PEAee a MF simultáneos de 500 y 2000 Hz. Estos autores reportan diferencias entre UC y UE de 18 y 12 dB respectivamente. Posteriormente Lins y cols. 1996 emplearon tonos modulados simultáneos de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz, las diferencias entre UC y UE encontradas fueron: (14, 12, 11 y 13 dB respectivamente).

Aoyagi y cols en 1996 estudiaron una muestra de pacientes hipoacusicos (90 oídos) mediante la técnica de PEAee, utilizando como estímulo un tono de 1000 Hz modulado en amplitud, reportando una correlación lineal alta ($r=0.84$) entre UC y UE. En un segundo estudio Aoyagi y cols 1997 evalúan una muestra de niños con pérdidas auditivas, también con la técnica de tonos aislados y reportan coeficientes de correlación lineal elevados para todas las frecuencias exploradas. Con frecuencias portadoras de 1000 Hz en una muestra de 169 oídos el coeficiente de correlación fue

de 0.87; para 500 Hz con una muestra de 34 oídos la correlación fue de 0.72; para 2000 Hz con una muestra de 30 oídos la correlación fue de 0.89 y para 4000 Hz en 13 oídos la correlación fue de 0.91.

Perez, Savío y cols en 1998 realizaron un estudio con 3 grupos de sujetos, basados en el registro de Potenciales Evocados de Estado Estable (PEAee) a múltiples Frecuencia (MF). Se estudió un grupo de 20 adultos sanos, 20 lactantes sanos y 20 niños con hipoacusias neurosensoriales. En los adultos sanos se detectó respuesta umbral, para las frecuencias exploradas, a intensidades entre 11 y 16 dB por encima del umbral conductual (UC). En los lactantes los umbrales electrofisiológicos (UE) fueron algo más elevados (entre 19 y 23 dB nHL). Por último, en los niños con hipoacusia neurosensorial, permitió reconstruir con gran exactitud las configuraciones audiométricas individuales.

Los coeficientes de correlación lineal entre UE y UC fueron de 0.69, 0.81, 0.86 y 0.84 a 500, 1000, 2000 y 4000 Hz respectivamente. El hecho de que las diferencias entre UC y UE encontradas en este estudio estén comprendidas dentro del rango de valores reportados para PEAee entre 80 y 110 Hz tanto a tonos aislados como a MF confirma resultados previamente reportados por Lins y Picton (1995) y nos permite afirmar que con la estimulación simultánea a MF, es posible lograr una reducción importante en la duración de la prueba sin perder confiabilidad con respecto a la predicción del umbral conductual. Esto a su vez potencia el valor de los PEAee a MF como herramienta electroaudiométrica. Podemos apreciar también que en nuestros resultados los coeficientes de correlación son mayores para las altas frecuencias que para las bajas, lo que coincide con lo reportado en la literatura. Esto se ha explicado por el efecto enmascarante mayor del ruido ambiente sobre las bajas frecuencias. Después de analizar todos estos resultados se concluyó que la técnica de Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable utilizando estímulos tonales de múltiples frecuencias, modulados en amplitud en el rango entre 80 y 110 Hz permite una buena caracterización de los

umbrales por frecuencias, tanto en sujetos adultos audiológicamente sanos como los lactantes normales y niños con pérdidas auditivas.

Pérez, Savío y cols, 1998 evalúan 10 oídos utilizando múltiples tonos modulados presentados en forma simultánea, encontrándose coeficiente de correlación lineal entre UC y UE elevados ($r= 0.72, 0.70, 0.76$ y 0.91 , para las frecuencias de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz respectivamente).

Mejía M. C. en 1999 realizó un estudio de correlación entre UC y UE en 28 oídos (14 sujetos) con hipoacusia neurosensorial unilateral o bilateral de grado severo a profundo; utilizando la técnica de frecuencia por frecuencia monoaural (confirmando umbrales de cada frecuencia con triple registro); todas las correlaciones resultaron significativas con coeficiente altos (mayores de 0.5), en este estudio fueron superiores a 0.69, los valores más bajos se evidencian para frecuencias de 500 Hz y la mayor correlación se estableció en la frecuencia de 2000 Hz. Todos los pacientes con hipoacusias profundas evidenciadas con el umbral conductual mostraron ausencia de respuesta con el umbral electrofisiológico. La diferencia entre los valores medios de los umbrales UC y UE para las hipoacusias severas se encuentran entre 14 y 15 dB.

Martín Reyes y Pérez Abalo en el 2000 estudiaron 43 niños hipoacúsicos (6 y 15 años) y 40 adultos normales (entre 18 y 25 años de edad) utilizando una técnica registro de PEAee a MF; se evaluó la diferencia en la forma de ambas curvas del audiograma (subjetivas vs objetivas) mediante un análisis de correlación lineal de Spirman (no paramétrico), en los resultados no se evidenciaron diferencias significativas entre ambos audiogramas, en el primer grupo se encontró: $F(3,255) = 0,50$; $P < 0,68$ y en la muestra de sujetos normales los valores de CCs fueron $F(3,237) = 0,268$; $P < 0,847$. Utilizando la técnica de PEAee a MF en ambos grupos se evidenciaron diferencias relativamente pequeñas entre el umbral conductual y el electrofisiológico (entre 5 y 14 dB). Estos valores son comparables a los reportados por otros autores, tanto para el PEAee provocado por tonos de amplitud

moduladas a frecuencia únicas (Lins y co., 1995; Aoyagi y col., 1993; Savío., 1996; Richards & Clark., 1984) como para la estimulación a múltiples frecuencias MF (Picton y col., 1998; Lins y col., 1995; Lins y col., 1996; Savío y col., 1997). Estos resultados, en su conjunto, sustentan la utilidad clínica de la técnica de PEAAe a MF, como metodología válida para la exploración audiométrica objetiva en sujetos que no cooperan al examen convencional. Además, el hecho de haberse obtenido resultados comparables con los reportados en otros laboratorios, que utilizan equipos y soluciones técnicas diferentes, habla a favor de la validez del sistema diseñado y del propio montaje de la técnica. Otro aspecto a discutir es la ventaja de esta técnica en cuanto a minimizar el tiempo de exploración. Esto es de particular importancia sobre todo cuando se examinan lactantes y niños pequeños, a los cuales se les administra sedación y por tanto el tiempo de duración de la prueba resulta una variable crítica. Con el sistema AUDIX se evaluaron en este estudio un total de 40 adultos sanos (80 oídos) y 43 niños hipoacúsicos (86 oídos) esto equivale a más de 900 registros de PEAAe a MF, los cuales fueron obtenidos en un tiempo medio de exploración por sujeto de 20.9 minutos (máximo 35 minutos). Si bien, no hay muchos datos publicados acerca de la duración exacta de un registro de PEA, uno pudiera utilizar como estimación aproximada unos 2 minutos por registro, de manera que, para obtener un audiograma en ambos oídos con los métodos anteriores, en estas cuatro frecuencias, se requerirían un total de 48 registros de PEA. Esto representaría una duración media para cada exploración electroaudiométrica de 96 minutos. En este estudio, al utilizarse estimulación a MF binaural, la duración se redujo a menos de la tercera parte. Esto representa una ventaja importante ya que la reducción de tiempo se logra sin una pérdida apreciable en la precisión de la estimación de los umbrales en cada frecuencia. (Martín Reyes, Pérez Abalo., 2000).

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente la presente investigación se realiza para verificar una vez mas la correlación existente entre el Umbral

Electrofisiológico (UE) y el Umbral Conductual (UC) en nuestra población y corroborar la importancia y fiabilidad de la técnica del PEAAe a múltiples frecuencias, disminuyendo así el tiempo de realización del examen; siendo esta la técnica utilizada en nuestro medio (sujetos difíciles de evaluar, neonatos, lactantes, Pseudohipoacúsicos, entre otros). Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, proponemos el siguiente estudio.

METODO

PARTICIPANTES

La población objeto de este estudio, correspondió a 30 niños de 3 a 10 años de ambos sexos, que presenten audición normal o Hipoacusia neurosensorial de leve a profunda, que no presenten ningún compromiso de oído medio. Sujetos consultantes al servicio del Dispensario Comercial y Bancario del ISS entre febrero de 1999 y junio del 2001.

INSTRUMENTOS

- Formato de registro de respuestas de todas las pruebas aplicadas.
- Evaluación auditiva con tonos puros (en las frecuencias 500, 1000, 2000 y 4000 Hz)
- Potencial Evocado Auditivo de Estado Estable a múltiple frecuencia (PEAAeMF) Monoaural (AUDIX)

PROCEDIMIENTO

Inicialmente se llevo a cabo la selección de la muestra teniendo en cuenta las características descritas. Los sujetos que se encuentran en la base de datos del AUDIX del ISS Comercial y Bancario, seleccionándolos entre febrero de 1999 y junio del 2001; al igual que la selección de los datos de la Audiometría Tonal (500, 1000, 2000 y 4000 Hz) en dB HL.

Luego se realizo el análisis estadístico de los datos recopilados mediante la correlación SPSS (pearson) determinando el grado de correlación entre UC y UE. Con base en lo anterior se realizó el análisis, discusión y resultados del estudio.

RESULTADOS

Para examinar en forma precisa el valor de la técnica del PEAAe a MF para predecir las configuraciones audiométricas individuales, se realizó un análisis de correlación PEARSON entre los valores de UC y UE obtenidos en la muestra. Se consideró cada oído como una exploración independiente (60 oídos).

Los resultados por frecuencia y por escala se presentan en las tablas 1-7. Todas las correlaciones resultaron significativas con coeficientes de correlación altos (mayores de 0.5, en este estudio fueron superiores a 0.7 y 0.9).

En términos generales entre el PEAAe a MF y la Audiometría tonal el coeficiente de correlación fue mayor de 0.7 y entre las escalas SPL, nHL y HL del PEAAe a MF el coeficiente de correlación fue mayor de 0.9.

Adicionalmente se determinó los valores medios y la desviación estándar del umbral conductual (UC) y el umbral electrofisiológico(UE) así como la diferencia entre ambos calculados en la muestra para cada una de las frecuencias exploradas (en dB nHL SPL y HL).

Tabla 1

Coficiente de correlación en las escalas SPL, nHL y HL del PEAAe a MF y entre la Audiometría Tonal y el PEAAe a MF; de la frecuencia 500 Hz en oído derecho.

Todas las correlaciones resultaron significativas con coeficientes de correlación altos. (en este estudio fueron superiores a 0.7 y 0.9).

Tabla 2

Coficientes de correlación entre las escalas SPL, nHL y HL del PEAAe a MF y entre la Audiometría Tonal y el PEAAe a MF.

Todas las correlaciones resultaron significativas con coeficientes de correlación altos. (en este estudio fueron superiores a 0.7 y 0.9).

Tabla 3

Valores de coeficiente de correlación entre las escalas SPL, nHL y HL del PEAAe a MF y entre la

TABLA 1

OIDO DERECHO 500 Hz			
	OD 500 Hz nHL (PEAAe)	OD 500 Hz HL (PEAAe)	OD 500 Hz HL (AUDIOMETRIA)
OD 500 Hz SPL (PEAAe)	.979**	.989**	.826**
OD 500 Hz nHL (PEAAe)		.979**	.812**
OD 500 Hz HL (PEAAe)			.817**

** La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral)

TABLA 2

OIDO DERECHO 1000 Hz			
	OD 1000 Hz nHL (PEAAe)	OD 1000 Hz HL (PEAAe)	OD 1000 Hz HL (AUDIOMETRIA)
OD 1000 Hz SPL (PEAAe)	.879**	.996**	.858**
OD 1000 Hz nHL (PEAAe)		.994**	.860**
OD 1000 Hz HL (PEAAe)			.863**

** La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral)

TABLA 3

OIDO DERECHO 2000 Hz			
	OD 2000 Hz nHL (PEAAe)	OD 2000 Hz HL (PEAAe)	OD 2000 Hz HL (AUDIOMETRIA)
OD 2000 Hz SPL (PEAAe)	.997**	.1000**	.759**
OD 2000 Hz nHL (PEAAe)		.997**	.760**
OD 2000 Hz HL (PEAAe)			.759**

** La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral)

Audiometría Tonal y el PEAAe a MF; de la frecuencia 2000 Hz en oído derecho.

Todas las correlaciones resultaron significativas con coeficientes de correlación altos. (en este estudio fueron superiores a 0.7 y 0.9).

Tabla 4

Valores de coeficiente de correlación entre las escalas SPL, nHL y HL del PEAAe a MF y entre la Audiometría Tonal y el PEAAe a MF; de la frecuencia 4000 Hz en oído derecho.

Todas las correlaciones resultaron significativas con

coeficientes de correlación altos. (en este estudio fueron superiores a 0.7 y 0.9).

Tabla 5

Valores de coeficiente de correlación entre las escalas SPL, nHL y HL del PEAAe a MF y entre la Audiometría Tonal y el PEAAe a MF; de la frecuencia 500 Hz en oído izquierdo.

Todas las correlaciones resultaron significativas con coeficientes de correlación altos. (en este estudio fueron superiores a 0.7 y 0.9).

Tabla 6

Valores de coeficiente de correlación entre las escalas SPL, nHL y HL del PEAAe a MF y entre la Audiometría Tonal y el PEAAe a MF; de la frecuencia 1000 Hz en oído izquierdo.

Todas las correlaciones resultaron significativas con coeficientes de correlación altos. (en este estudio fueron superiores a 0.7 y 0.9).

Tabla 7

Valores de coeficiente de correlación entre las escalas SPL, nHL y HL del PEAAe a MF y entre la Audiometría Tonal y el PEAAe a MF; de la frecuencia 2000 Hz en oído izquierdo.

Todas las correlaciones resultaron significativas con coeficientes de correlación altos. (en este estudio fueron superiores a 0.7 y 0.9).

Tabla 8

Valores de coeficiente de correlación entre las escalas SPL, nHL y HL del PEAAe a MF y entre la Audiometría Tonal y el PEAAe a MF; de la frecuencia 4000 Hz en oído derecho.

Todas las correlaciones resultaron significativas con coeficientes de correlación altos. (en este estudio fueron superiores a 0.7 y 0.9).

Adicionalmente se determinaron los valores medios y la desviación estándar del umbral conductual (UC) y el umbral electrofisiológico(UE), así como la diferencia entre ambos, calculados en la muestra para cada una de las frecuencias exploradas (en dB nHL SPL y HL) en el grupo de sujetos normales y en el grupo de sujetos patológicos.

TABLA 4

OIDO DERECHO 4000 Hz			
	OD 4000 Hz Nhl (PEAee)	OD 4000 Hz HL (PEAee)	OD 4000 Hz HL (AUDIOMETRIA)
OD 4000 Hz SPL (PEAee)	.993**	.993**	.734**
OD 4000 Hz nHL (PEAee)		.994**	.734**
OD 4000 Hz HL (PEAee)			.727**

** La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral)

TABLA 5

OIDO IZQUIERDO 500 Hz			
	OD 500 Hz nHL (PEAee)	OD 500 Hz HL (PEAee)	OD 500 Hz HL (AUDIOMETRIA)
OD 500 Hz SPL (PEAee)	.976**	.979**	.829**
OD 500 Hz nHL (PEAee)		.979**	.860**
OD 500 Hz HL (PEAee)			.872**

** La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral)

TABLA 6

OIDO IZQUIERDO 1000 Hz			
	OD 1000 Hz nHL (PEAee)	OD 1000 Hz HL (PEAee)	OD 1000 Hz HL (AUDIOMETRIA)
OD 1000 Hz SPL (PEAee)	.968**	.997**	.864**
OD 1000 Hz nHL (PEAee)		.996**	.860**
OD 1000 Hz HL (PEAee)			.817**

** La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral)

TABLA 7

OIDO IZQUIERDO 2000 Hz			
	OD 2000 Hz Nhl (PEAee)	OD 2000 Hz HL (PEAee)	OD 2000 Hz HL (AUDIOMETRIA)
OD 2000 Hz SPL (PEAee)	.997**	.997**	.778**
OD 2000 Hz nHL (PEAee)		.974**	.796**
OD 2000 Hz HL (PEAee)			.752**

** La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral)

Se comprobó una diferencia mínima (de 1 a 14 dB) entre la escala dB nHL del PEAAe a MF Monoaural y la audiometría tonal (dB HL) en las frecuencias evaluadas. Estos resultados son similares a los descritos en los estudios realizados anteriormente.

Tabla No 9

Valores de la media y desviación estándar de los umbrales conductuales (dBHL) y los umbrales electrofisiológicos (dB SPL) para las cuatro frecuencias exploradas en sujetos normales.

En la tabla 9 se examinaron los valores medios de la técnica de PEAAe a MF monoaural en dB SPL y la audiometría tonal en dB HL (comparando UC y UE) encontrándose una diferencia de 44 a 58 dB aproximadamente.

Tabla No 10

Valores de la media y desviación estándar de los umbrales conductuales (dBHL) y los umbrales electrofisiológicos (dBnHL) para las cuatro frecuencias exploradas en sujetos normales.

En la tabla 10 se examinaron los valores medios de la técnica de PEAAe a MF en dB nHL y la audiometría tonal en dB HL (comparando UC y UE) encontrándose una diferencia de 1 a 6 dB aproximadamente.

Tabla No 11

Valores de la media y desviación estándar de los umbrales conductuales (dBHL) y los umbrales electrofisiológicos (dBHL) para las cuatro frecuencias exploradas en sujetos normales.

En la tabla 11 se examinaron los valores medios de la técnica de PEAAe a MF en dB SPL y la audiometría tonal en dB HL (comparando UC y UE) encontrándose una diferencia de 33 a 44 dB aproximadamente.

Tabla No 12

Valores de la media y desviación estándar de los umbrales conductuales (dBHL) y los umbrales electrofisiológicos (dB SPL) para las cuatro frecuencias exploradas en sujetos patológicos.

En la tabla 12 se examinaron los valores medios de la técnica de PEAAe a MF en dB HL y la audiometría

TABLA 8

OIDO IZQUIERDO 4000 Hz			
	OD 4000 Hz NhL (PEAAe)	OD 4000 Hz HL (PEAAe)	OD 4000 Hz HL (AUDIOMETRIA)
OD 4000 Hz SPL (PEAAe)	.962**	.968**	.760**
OD 4000 Hz nHL (PEAAe)		.874**	.754**
OD 4000 Hz HL (PEAAe)			.752**

** La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral)

TABLA 9

Fz EXPLORADAS	U C (dBHL)	U E (dB SPL)	DIFERENCIAS
500 Hz	11 + 9	66 + 12	55 + 58
1000 Hz	10 + 10	55 + 12	45 + 47
2000 Hz	10 + 9	54 + 13	44 + 48
4000 Hz	10 + 10	54 + 13	44 + 48

TABLA 10

Fz EXPLORADAS	U C (dBHL)	U E (dB nHL)	DIFERENCIAS
500 Hz	11 + 9	12 + 12	1 + 4
1000 Hz	10 + 10	14 + 12	4 + 6
2000 Hz	10 + 9	10 + 13	1 + 4
4000 Hz	10 + 10	10 + 14	1 + 4

TABLA 11

Fz EXPLORADAS	U C (dBHL)	U E (dB HL)	DIFERENCIAS
500 Hz	11 + 9	55 + 12	44 + 48
1000 Hz	10 + 10	46 + 12	36 + 38
2000 Hz	10 + 9	43 + 13	33 + 37
4000 Hz	10 + 10	44 + 14	34 + 38

TABLA 12

Fz EXPLORADAS	U C (dBHL)	U E (dB SPL)	DIFERENCIAS
500 Hz	49 + 21	105 + 10	56 + 45
1000 Hz	49 + 27	104 + 14	55 + 41
2000 Hz	49 + 26	101 + 15	52 + 41
4000 Hz	49 + 27	98 + 12	49 + 34

TABLA 13

Fz EXPLORADAS	U C (dBHL)	U E (dB nHL)	DIFERENCIAS
500 Hz	49 + 21	52 + 11	3 + 7
1000 Hz	49 + 27	63 + 14	14 + 2
2000 Hz	49 + 26	54 + 14	5 + 2
4000 Hz	49 + 27	52 + 12	3 + 12

TABLA 14

Fz EXPLORADAS	U C (dBHL)	U E (dB HL)	DIFERENCIAS
500 Hz	49 + 21	95 + 10	46 + 35
1000 Hz	49 + 27	95 + 14	46 + 33
2000 Hz	49 + 26	91 + 15	42 + 31
4000 Hz	49 + 27	88 + 12	39 + 24

TABLA 15

Fz EXPLORADAS	U C (dBSPL)	U E (dB SPL)	DIFERENCIAS
500 Hz	61 + 9	66 + 12	5 dB
1000 Hz	50 + 10	55 + 12	5 dB
2000 Hz	45 + 9	54 + 13	9 dB
4000 Hz	45 + 10	54 + 13	9 dB

TABLA 16

Fz EXPLORADAS	U C (dBSPL)	U E (dB SPL)	DIFERENCIAS
500 Hz	99 + 21	105 + 10	6 dB
1000 Hz	89 + 27	104 + 14	15 dB
2000 Hz	84 + 26	101 + 15	17 dB
4000 Hz	84 + 27	98 + 12	14 dB

tonal en dB HL (comparando UC y UE) encontrándose una diferencia de 41 a 56 dB aproximadamente.

Tabla No 13

Valores de la media y desviación estándar de los umbrales conductuales (dBHL) y los umbrales electrofisiológicos (dBnHL) para las cuatro frecuencias exploradas en sujetos patológicos.

En la tabla 13 se examinaron los valores medios de la técnica de PEAAe a MF en dB nHL y la audiometría

tonal en dB HL (comparando UC y UE) encontrándose una diferencia de 3 y 14 dB aproximadamente.

Tabla No 14

Valores de la media y desviación estándar de los umbrales conductuales (dBHL) y los umbrales electrofisiológicos (dBHL) para las cuatro frecuencias exploradas en sujetos patológicos.

En la tabla 14 se examinaron los valores medios de la técnica de PEAAe a MF en dB HL y la audiometría tonal en dB HL (comparando UC y UE) encontrándose una diferencia de 31 a 46 dB aproximadamente.

Para realizar un análisis comparativo con los resultados presentados en la literatura, sobre estudios similares al nuestro, se hizo necesario efectuar la conversión del UC (audiometría tonal dB HL) a dB SPL, para reportar resultados de diferencias para cada una de las frecuencias en esta escala.

Tabla 15

Valores de la media y desviación estándar de los umbrales conductuales y electrofisiológicos en dB SPL para las cuatro frecuencias exploradas en sujetos normales

Tabla 16

Valores de la media y desviación estándar de los umbrales conductuales y electrofisiológicos en dB SPL para las cuatro frecuencias exploradas en sujetos patológicos

Los valores reportados en las tablas 15 y 16 muestran diferencias entre UC y UE (entre 5 y 17 dB) para las frecuencias exploradas en toda la muestra. Se evidenció la diferencia más pequeña en la frecuencia de 500 Hz.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en nuestro estudio demuestran correlaciones significativas (mayores de 0.7) entre el Umbral Electrofisiológico del PEAAe a MF Monoaural y el Umbral Conductual de la audiometría tonal, las cuales se encuentran dentro del rango de valores reportados en la literatura (correlaciones mayores a 0.5 ya se consideran buenas).

Así mismo, los valores de la correlación se mantuvieron estables en las tres escalas (dB SPL, dB nHL y dB HL) para cada una de las frecuencias evaluadas, lo que demuestra una alta estabilidad de la prueba.

Pérez, Savio y cols, 1998 realizaron un estudio con 3 grupos de sujetos, basados en el registro de PEAAe a MF encontrando coeficientes de correlación lineal entre UC y UE de 0.69, 0.81, 0.86 y 0.84 a 500, 1000, 2000 y 4000 Hz respectivamente.

Vale la pena anotar que en nuestro estudio encontramos coeficientes de correlación mayores a 0.85 para las frecuencias de 500 y 1000 Hz, por lo que sugerimos realizar un estudio específicamente en estas dos frecuencias, comparando las dos técnicas utilizadas en el PEAAe con tonos aislados y múltiples frecuencia, para poder dar una explicación a este resultado.

Estos resultados constituyen un aporte importante en el área de evaluación auditiva de sujetos difíciles tales como: neonatos, lactantes, retardo mental, pseudohipoacusicos, entre otros, al igual que para el proceso de adaptación de prótesis auditivas en esta población, ya que demuestran que el PEAAe a MF Monoaural es una prueba objetiva y fiable, que evalúa la gama frecuencial auditiva de 500 Hz a 8000 Hz (con el nuevo Software del equipo).

Al realizar el análisis estadístico de los datos (media y desviación estándar) se logró establecer la diferencia en dB entre el UC y UE en cada una de las escalas, para cada una de las frecuencias evaluadas, las diferencias encontradas fueron: para la escala dB SPL de 41 a 56 dB, para la escala dB HL de 33 a 48 dB y para la escala dB nHL de 3 a 14 dB. Es importante resaltar que la escala dB nHL del PEAAe a MF Monoaural fue la que presentó menor diferencia con el UC de la audiometría tonal, lo que sustenta la idea, que los resultados del PEAAe deberían presentarse siempre en esta escala, facilitando así su interpretación.

Los estudios reportados por Lins y cols, 1996, donde se emplearon tonos modulados simultáneos de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz, las diferencias entre UC y UE de 14, 12, 11 y 13 dB SPL respectivamente. Reyes y Pérez en el 2000 estudiaron 43 niños hipoacusicos y

40 adultos normales utilizando una técnica de registro de PEAAe a MF evidenciando diferencias entre UC y UE entre 5 y 14 dB SPL.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio son comparables a los reportados por otros autores, tanto para el PEAAe provocado por tonos de amplitud moduladas a frecuencias únicas, como para la estimulación a múltiples frecuencias, sustentando la utilidad clínica de PEAAe a MF Monoaural como una metodología válida para la exploración audiométrica objetiva en lactantes y sujetos difíciles de evaluar. Además confirma las ventajas del PEAAe a MF sobre el PEA (con estímulo click), resaltando el hecho de que permite el uso de estímulos sonoros de larga duración, los cuales pueden presentarse en forma aislada, o como una mezcla de tonos modulados de diferentes frecuencias (MF), explorando de forma simultánea varias regiones de la cóclea (Lins y cols, 1996). La respuesta se puede detectar en forma cuantitativa haciendo uso de diferentes indicadores estadísticos, por tanto, a diferencia de otros procedimientos electroaudiométricos, que requieren mayor pericia por parte del especialista para interpretar los resultados (la respuesta umbral se identifica por inspección visual de los registros) en el caso de la audiometría mediante PEAAe se puede lograr una mayor objetividad con la detección automática de la señal. (Savio, Pérez, Valdés 1997).

Al plantearse la pregunta sobre cual de las dos técnicas que utiliza el PEAAe (a tonos aislados y a múltiple frecuencia) tiene mayor confiabilidad, observamos que en la literatura se reportan estudios por Aoyagi y cols 1997 donde evalúan una muestra de niños con pérdidas auditivas, con la técnica de tonos aislados y reportan coeficientes de correlación lineal elevados para todas las frecuencias exploradas. Con frecuencias portadoras de 1000 Hz en una muestra de 169 oídos el coeficiente de correlación fue de 0.87; para 500 Hz con una muestra de 34 oídos la correlación fue de 0.72; para 2000 Hz con una muestra de 30 oídos la correlación fue de 0.89 y para 4000 Hz en 13 oídos la correlación fue de 0.91.

Al comparar estos estudios con nuestros resultados,

y con los resultados de los estudios anotados anteriormente donde utilizan la técnica a MF, nos damos cuenta que los coeficientes de correlación son similares, lo que nos demuestra una vez más que con la estimulación simultánea a MF es posible lograr una reducción importante en la duración de la prueba sin perder confiabilidad con respecto a la predicción del umbral conductual.

Pérez, Savio y cols. 1998 anotan en su estudio que por las propiedades de rectificación de la cóclea la respuesta de estado estable que se genera por un tono continuo modulado en amplitud, se detecta como un pico espectral a la frecuencia de modulación. Si en lugar de utilizar un solo tono modulado, se estimula con una señal acústica más compleja, en la cual se suman múltiples tonos modulados, la respuesta generada quedaría en este caso representada como una serie de picos en el espectro (uno a cada una de las frecuencias de modulación utilizadas). Con esta metodología se pueden explorar simultáneamente varias regiones de la cóclea y ambos oídos. De esta manera se reduce considerablemente el tiempo de exploración ya que se realiza una audiometría completa detallada por frecuencia con sólo un registro por cada intensidad de estimulación.

Reyes, Pérez., 2000 realizaron un estudio con 80 sujetos con el objeto de comparar el tiempo medio de exploración por sujeto entre el PEAAE a MF y el PEAT determinando que el PEAAE a MF se realiza en un tiempo medio de exploración por sujeto de máximo 35 minutos, mientras que el PEAT presenta una duración media para cada exploración electroaudiométrica de 96 minutos.

Con respecto al tipo de estudio retrospectivo realizado podemos afirmar que es totalmente fiable porque los datos obtenidos (del PEAAE MF Monoaural) siempre fueron recolectados por el mismo examinador siguiendo el mismo protocolo dando así mayor confiabilidad al examen.

Sugerimos continuar la investigación en el área de PEAAE, utilizando las dos técnicas descritas (a tonos aislados y a múltiples frecuencia), en sujetos con

audición normal y en hipoacúsicos, para despejar las dudas sobre la fiabilidad de cada una de estas técnicas, determinando ventajas y desventajas de cada una de ellas. Es importante insistir que la prueba se debe realizar siguiendo un protocolo estricto, y sobre todo teniendo en cuenta el nivel de ruido del sitio en que se realiza.

El presente estudio constituye un aporte indispensable para los Centros de Atención del ISS, ya que son los únicos que prestan este servicio desde 1998 y en los cuales no existía hasta el momento, ningún estudio publicado, se demostró que si se sigue un protocolo estricto y el examen es realizado por personal especializado (Audiólogos) como sucede en el ISS Comercial y Bancario, el PEAAE se constituye en una prueba confiable, objetiva y rápida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anterolo, JM., Diaz, Boosch. (1990). Sistema integrado en pascal para el desarrollo de aplicaciones computarizadas. *Centro de Neurociencias*, Reporte interno.
- Carballo, JA; Valdes, P; Valdes, M. (1989). Detection of event related potentials. *International Journal of Neuroscience*.
- Lins, OG; Picton, TW. (1995). Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 96, 420-432.
- Mejía, MC. Validación del test electrofisiológico de potenciales evocados auditivos de tallo cerebral de estado estable (PEAAE) a través de la correlación con los umbrales audiométricos comportamentales.
- Martin, V; Perez, MC. (2000) Desarrollo y prueba clínica de un sistema autorizado para la evaluación objetiva de la audición. Trabajo para optar por el grado de Doctor en Ciencias de la Salud; Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Centro de Neurociencias de Cuba.
- Pérez, MC. (1998) Propiedades funcionales de los componentes del potencial evocado auditivo de corta latencia provocado por estímulos tonales breves. Tesis para optar por el grado de Candidato a Doctor en Ciencias Médicas, La Habana; Cuba
- Peréz, MC; Savio, G; Valdes, (1998) J. Introducción de métodos avanzados de diagnóstico audiométrico objetivo, para la detección temprana de problemas auditivos..
- Pérez, M.C; Savio, G; Sierra C; Torres, A. (1997) Potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias: Una nueva alternativa para evaluar la audición en forma objetiva. *Acta de otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*. Vol. 25, N 2.

- Picton, (1987) The recording and measurement off evoked potentials. In: Text-book of Clinical Neurophysiology, edited by A.M. Halliday, S. R. Butler and R. Paul, 23-40..
- Picton (1990.) Auditory Evoked Potentials In: Current practice, of clinical Neurophysiology, second edition, edited by Dd. D. Daly and T. A. Pedley, Raven Prrress, Ltd. New York.
- Portmann, Michel y Claudine. (1980) Audiometría Clínica. 2ed. Barcelona.
- Portmann, Michel y Claudine. (1984)Otorrinolaringología. 3ed. Barcelona..
- Rirvas, J; Ariza H. (1992).Ontología, Santafe de Bogotá.
- Sánchez, MT; Gallego, CC. (1992) Audiología visión de hoy.
- Savio, G; Pérez, MC. (1997) Potenciales Evocados Auditivos de estado estable a múltiples frecuencias: Una nueva alternativa para evaluar la audición en forma objetiva. Acta de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello. # 2 87-97,.
- Savio, G. (1996) Electroaudiometría mediante potenciales evocados de estado estable. Trabajo para optar por el grado de Especialista de primer grado en Fisiología Normal y Patológica. CNIC, La Habana, Cuba.
- Sierra, C; Martin, V; Rodríguez, E; Pérez MC; Valdes, JL. (1997) Introducción de los potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias para la exploración audiométrica. Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 28, N 3.