

Extensión de la técnica de potenciales evocados de estado estable a múltiples frecuencias

Alejandro Torres, María Cecilia Pérez, Jorge Luis Valdés, Carlos E. Sierra, Ernesto Rodríguez, Guillermo Savío, Vivian Martín y Eduardo Eimil.

Centro de Neurociencias de Cuba, Avenida 25 y 158, Playa, Apartado 6990, Ciudad de La Habana, Cuba.

Recibido: 25 de marzo de 1998. Aceptado: 29 de junio de 1998.

Palabras clave: potenciales evocados auditivos de estado estable, múltiples frecuencias, electroaudiometría.
Key words: steady state response, objective audiometric, multiple frequency.

RESUMEN. Los trastornos auditivos y en particular las hipoacusias por ruido constituyen un problema de salud de gran prevalencia en el terreno de la Medicina Ocupacional. Sin embargo, su diagnóstico preciso se dificulta por factores tales como la simulación y disimulación del daño auditivo. La introducción de técnicas audiométricas objetivas basadas en el registro de potenciales evocados auditivos (electroaudiometría) pudiera contribuir a solucionar este problema. En particular, se ha descrito recientemente una nueva técnica electroaudiométrica que permite estimar de forma simultánea los umbrales de audibilidad para tonos de varias frecuencias. La técnica se basa en el registro de potenciales evocados de estado estable provocados por tonos modulados de múltiples frecuencias (PEAee a MF). Hasta ahora sólo se ha validado la estimulación simultánea con tonos de 500, 1 000, 2 000 y 4 000 Hz. En este estudio, se propone la extensión de la técnica de PEAee a MF ampliando el número de frecuencias que se exploran. Para esto, se estudiaron 50 adultos audiológicamente sanos. En cada caso se obtuvieron PEAee empleando como estímulos tonos continuos con frecuencias portadoras de 0,5; 1; 2; 4; 6 y 8 kHz. Cada tono fue modulado en amplitud a una frecuencia diferente en un intervalo entre 75 y 115 Hz (profundidad de modulación de 95 %). Las respuestas fueron detectadas de forma automática mediante el uso del estadígrafo T2 de Hotelling. Los resultados muestran la factibilidad de extender la técnica de PEAee a MF para explorar simultáneamente un mayor número de frecuencias. Esto facilita su introducción en Medicina Ocupacional y potencia su valor para el estudio de las hipoacusias inducidas por ruido diferenciando el trauma acústico agudo del crónico. Asimismo, se logra una reducción considerable en el tiempo de exploración sin perder precisión diagnóstica.

ABSTRACT. Hearing losses, and specifically those induced by noise, constitute an important health problem of high prevalence in Occupational Medicine. However an accurate diagnosis of the situation is difficult due to the presence in many cases of simulated hearing impairment. The introduction of objective audiometry with auditory evoked potentials, could contribute to solve this problem. Particularly there is a new technique, recently reported, which evaluates simultaneously multiple frequency specific thresholds. The method is based on the recording of steady state evoked potentials (SSEP) elicited by multiple amplitude modulated tones (AMT). Up to now the method have been validated for AMT of 0.5; 1, 2, and 4 kHz. The goal of this study was to increase the number of frequencies than can be explored simultaneously in order to make the technique more useful in Occupational Medicine. For this purpose 50 normal hearing subjects were studied. The SSEP to multiple frequencies were recorded at different intensities. The stimuli were continuous tones of 0.5, 1, 2, 4, 6 and 8 kHz modulated in amplitude at rates between 75 and 115 Hz. The response was detected automatically by a Hotelling T2 statistic. The results demonstrate that it is possible to explore simultaneously up to 12 frequencies. The technique, thus optimized, becomes more valuable in the field of Occupational Medicine, contributing to differentiate between acute and chronic acoustical trauma. Also the duration of an objective audiometry can be considerably reduced without any appreciable loss in accuracy.

INTRODUCCION

Se entiende por electroaudiometría la exploración de la audición mediante potenciales evocados (PE). Las técnicas electroaudiométricas son muy utilizadas en la audiología pediátrica, en la que han tenido un amplio empleo en el pesquiasaje temprano de pérdidas auditivas. El presente trabajo se propuso extender su utilidad al terreno de la medicina ocupacional.

Entre los posibles factores causales de las hipoacusias en el medio laboral es el ruido la causa más frecuentemente citada. La inducida por ruido se define como la disminución de la capacidad auditiva de uno o ambos oídos, parcial o total, permanente y acumulativa, de tipo neurosensorial que se origina durante y como resultado de la exposición a niveles perjudiciales de ruido en el ambiente laboral.^{1,2} Esta clase de hipoacusia se corresponde mayormente con el trauma acústico, el cual se refiere a una neurosensorial, que es bilateral en la mayoría de los casos y puede ser simétrica o no.

Siguiendo el perfil de una curva audiométrica el trauma acústico puede ser clasificado en agudo y crónico. El primero, se caracteriza por una elevación del umbral en la frecuencia de 4 kHz, con la conservación del umbral de las frecuencias colindantes a estas. Por otra parte, el crónico es una hipoacusia manifiesta, evidenciada por la ampliación del déficit auditivo a las frecuencias superiores a los 4 kHz e incluso en

estados avanzados, llegando a afectar las bajas frecuencias (Fig. 1).

Papel de técnicas audiométricas objetivas en el terreno de Medicina Ocupacional

En general, las técnicas clínicas que se utilizan para caracterizar la audición son subjetivas y sus resultados dependen en gran medida del grado de cooperación del sujeto y la experiencia del evaluador.

El estudio de la actividad eléctrica cerebral provocada por estímulos sonoros (potenciales relacionados a eventos PRE) constituye una alternativa válida para la exploración audiométrica objetiva. Dentro de los PRE, prácticamente todos los potenciales auditivos transientes (PEAt) han sido empleados con este fin. Los PEA de larga y media latencia (PEALL y PEAML) prometían ser quizás los que mayor información brindarían, al ser generados a nivel cortical y representar por tanto, el proceso completo de la percepción auditiva. Sin embargo, estas respuestas se afectan por la sedación, el sueño y el estado atencional del sujeto, lo que limita su valor desde el punto de vista audiométrico. Por esta razón, los PEA de corta latencia y en particular, la respuesta de tronco cerebral han sido los más empleados en la exploración audiométrica. El potencial auditivo de tallo cerebral (PEATC) ha sido muy utilizado para la detección temprana de trastornos auditivos.^{3,4} Sin embargo, el *click*, que es el estímulo acústico más frecuentemente empleado en la obtención del PEATC no es "frecuencia específico". No permitiendo por tanto una exploración detallada por frecuencias.

Los estímulos tonales breves (ETB) han sido también propuestos como una alternativa válida para estimar mediante PEATC el umbral auditivo a frecuencias específicas. Estos estímulos aunque con un contenido espectral más circunscrito, tienen cierta dispersión de energía acústica alrededor de su frecuencia nominal, por lo que resultan más difíciles de evaluar, sobre todo, a intensidades de estimulación cercanas al umbral. Además, la exploración mediante PEATC a ETB requiere no sólo la obtención de los potenciales evocados a intensidades decrecientes hasta el umbral, sino también, el uso de estímulos de diferentes frecuencias.

Recientemente, varios investigadores han propuesto utilizar los Potenciales Evocados Auditivos de Es-

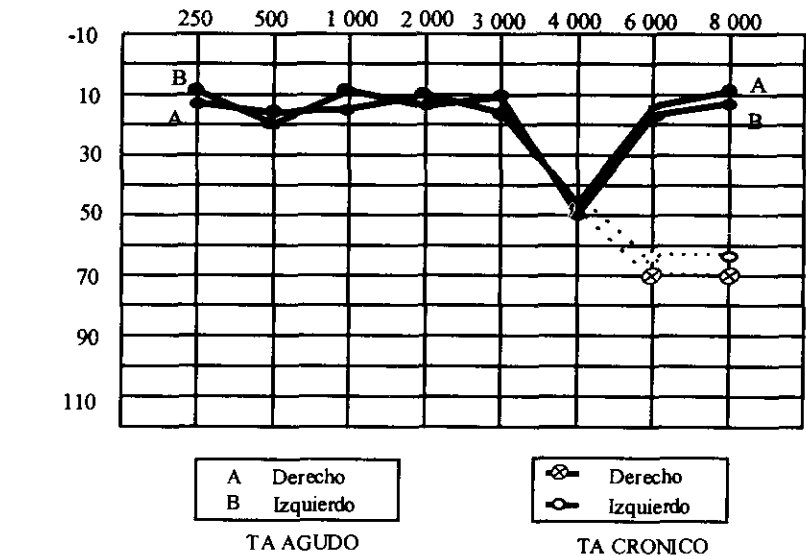


Fig. 1. Perfil audiométrico del trauma acústico agudo y crónico.

tado Estable (PEAee) como un procedimiento objetivo para evaluar la audición. Estas respuestas son obtenidas por estímulos que ocurren a una frecuencia suficientemente rápida, de manera que la respuesta provocada por un estímulo, se superpone a la del estímulo precedente.⁵

Con fines audiométricos, los PEAee tienen algunas ventajas sobre los potenciales evocados auditivos transientes:

- La medición de la respuesta es más simple (se describe como la amplitud y la fase de la respuesta a una determinada frecuencia de estimulación).⁶
- Existen claros procedimientos estadísticos para determinar la presencia de respuesta: coherencia de fase,^{7,8} estadígrafo T2,^{9,10} magnitud de coherencia cuadrada,¹¹ y otros.¹²
- Los PEAee permiten el uso de estímulos sonoros de larga duración tales como tonos continuos modulados en amplitud.^{9,13-18}

Estos estímulos tienen un contenido espectral más circunscrito que los empleados para provocar una respuesta transiente. Estas características de los tonos modulados los convierten en estímulos más específicos en frecuencia que los *click* y los estímulos tonales breves.¹⁹

El típico ejemplo de una respuesta auditiva de estado estable es la correspondiente a 40 Hz.²⁰ De nuevo sin embargo, se está frente al problema de que los PEAee a 40 Hz también son alterados por la sedación y el sueño.

Más 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 de corta latencia (PEATC), los cuales no son alterados por el sueño y la sedación.^{18,21,22,23}

Otra ventaja que hace potente su valor como instrumento audiométrico es la posibilidad de emplear como estímulo acústico una mezcla de tonos continuos modulados en amplitud, lo que se conoce como técnica de múltiples frecuencias.¹⁸

Dadas las propiedades de rectificación del oído interno, la repuesta generada por un tono continuo modulado en amplitud puede detectarse como un pico espectral a la frecuencia de modulación. Si se utiliza una señal acústica más compleja, formada por múltiples tonos modulados, cada frecuencia portadora estimula una región diferente de la membrana basilar. De esta manera, los tonos son rectificadas en el oído interno de forma independiente y la respuesta generada quedaría representada como una serie de *picos* en el espectro (uno a cada una de las frecuencias de modulación utilizadas).²⁴

Algunos investigadores han trabajado ya con esta variante y demuestran que la técnica de múltiples frecuencias es comparable con la de frecuencias aisladas. Sin embargo, hasta el momento sólo han explorado ocho de forma simultánea (0.5; 1; 2 y 4 kHz por cada oído).^{23,25}

Para la introducción de la técnica de PEAee a MF en el terreno de la Medicina Ocupacional, sería conveniente poder explorar también otras regiones de la cóclea y en particular, las de elevada frecuencia (6 y 8 kHz) permitiendo la diferenciación del trauma acústico en agudo y crónico.

MATERIAL Y METODOS

Se seleccionó una muestra de 20 sujetos (40 oídos) (10 hombres y 10 mujeres) adultos sanos (entre 24 y 42 años). A todos, se les realizó, previo al registro electrofisiológico, una audiometría tonal convencional, la cual fue realizada con un audiómetro convencional MA-31 en iguales condiciones que el registro electrofisiológico. Fueron excluidos del estudio, todos los sujetos con antecedentes de trastornos de la audición o de enfermedades neurológicas y psiquiátricas.

Condiciones de registro

Los sujetos permanecieron dentro de una cámara audiométrica sonoamortiguada. Asimismo, todos fueron instruidos para que se mantuvieran tranquilos y relajados, con la intención de disminuir el nivel de ruido en el electroencefalograma de base.

Los registros fueron realizados con el equipo AUDIX (Centro de Neurociencias de Cuba, Ciudad de La Habana). Se utilizaron electrodos de disco (Ag/AgCl) fijados al cuero cabelludo con pasta conductora. Se colocaba en el vertex (Cz) el electrodo activo, la referencia 1,5 cm debajo del inion y el electrodo de tierra en Fpz. La impedancia de los electrodos se mantuvo en todos los registros por debajo de 5 k Ω . La actividad bioeléctrica fue amplificada con una ganancia de 100 000 y filtrada analógicamente entre 10 y 300 Hz. Se registraron los PEAee a tonos continuos simultáneos de 0,5; 1; 2; 4; 6 y 8 kHz modulados en amplitud a diferentes frecuencias para cada oído y tono portador. El intervalo de modulación estuvo entre 75 y 115 Hz. El estímulo se presentaba en forma binaural a través de audífonos TDH 49 y a intensidades de estimulación decrecientes (desde 80 hasta obtener el umbral de cada frecuencia en pasos de 10 dB).

Experimento

En este experimento se examinó si era posible aumentar el número de frecuencias que se exploran simultáneamente mediante los PEAee a MF. Al hacerlo, se hace necesario ampliar el intervalo de modulación y esto quizás sobrepase los valores óptimos. Para examinar estos efectos por separado, se evaluó la correspondencia entre los umbrales electrofisiológicos (UE) en diferentes condiciones experimentales. En un primer estudio, se evaluó el efecto que tendría sobre la estimación del umbral el hecho de exceder el inter-

valo óptimo de modulación. Para esto se evaluó el umbral en la frecuencia de 8 kHz, que por ser la mayor entre las exploradas, posee la mayor frecuencia moduladora alejándose, por tanto, del mencionado intervalo óptimo. Se compararon entonces los umbrales obtenidos con modulaciones diferentes. En un primer grupo de 10 sujetos sanos, se emplearon frecuencias de modulación fuera del intervalo óptimo, 111 y 115 Hz (para oído derecho e izquierdo respectivamente). En el segundo grupo, también de 10 sujetos sanos, las frecuencias utilizadas estuvieron dentro del intervalo ideal y fueron 97 y 101 Hz (igualmente para oído derecho e izquierdo). En ambos grupos, se utilizó la técnica de múltiples frecuencias.

Posteriormente, manteniendo fija la frecuencia de modulación, se examinó el efecto del número de frecuencias exploradas sobre la estimación del umbral. En este caso, se compararon también para 8 kHz los UE obtenidos utilizando la técnica de MF (0,5; 1; 2; 4; 6 y 8 kHz monoaural) con la técnica de tonos aislados (TA) (8 kHz monoaural). La frecuencia de modulación para los 8 kHz se mantuvo fija en 101 Hz en ambos casos.

Una vez concluidos los análisis anteriores, se realizaron las comparaciones entre los UE obtenidos con la técnica de múltiples frecuencias y los conductuales (UC) obtenidos con una audiometría tonal convencional para las frecuencias portadoras de 0,5; 1; 2; 4; 6 y 8 kHz. Los umbrales obtenidos con ambas técnicas fueron el objeto de comparación.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los umbrales electrofisiológicos medios estimados

(en 8 kHz) con la técnica de PEAee a MF (12 frecuencias simultáneas). Las de modulación utilizadas fueron diferentes. Dichas frecuencias de modulación fueron diferentes para cada oído y cada frecuencia. Un grupo empleó las de modulación dentro del intervalo óptimo y otro fuera de él.

En un ANOVA de medidas repetidas (oído x frecuencia de modulación), se comprobó que no existen diferencias significativas de umbral en 8 kHz, ni por oídos [$F(1,7) = 0,70$; $p = 0,429\ 0$] ni a las diferentes frecuencias de modulación empleadas [$F(1,7) = 1,16$; $p = 0,316\ 6$]. Tampoco hubo una interacción entre ambos factores [$F(1,7) = 0,017$; $p = 0,899\ 3$].

Se evaluó también (en 8 kHz) el efecto del número de frecuencias exploradas (6 y 1) sobre el UE, manteniendo constante la de modulación. Se compararon los umbrales en 8 kHz obtenidos con la técnica de PEAee a tonos aislados y los obtenidos del registro de PEAee a MF. Se utilizó para dicha comparación una prueba t-pareada. Los resultados demostraron que no hay diferencias significativas en el umbral estimado cuando se explora una sola frecuencia que cuando la exploración se realiza con varias frecuencias simultáneas (TA y MF) [$t(18) = 0,50$; $p = 0,618\ 2$].

La tabla 2 muestra las diferencias entre los umbrales electrofisiológicos (obtenido a partir del registro de los PEAee) y el conductual (obtenidos mediante una audiometría tonal convencional) para tonos continuos de 0,5; 1; 2; 4; 6 y 8 kHz modulados en amplitud entre 75 y 115 Hz.

Como se esperaba, los umbrales electrofisiológicos fueron superiores

Tabla 1. Medias y desviaciones estándar de los umbrales para 8 kHz obtenidos con diferentes frecuencias de modulación mediante la técnica de PEAee a MF.

Grupo	Frecuencia de modulación	Oído	
		Derecho	Izquierdo
A	97 y 101	$\bar{X} = 50$; DE = 11,64	$\bar{X} = 47$; DE = 12,15
B	111 y 115	$\bar{X} = 48$; DE = 6,32	$\bar{X} = 52$; DE = 11,35

Tabla 2. Diferencias entre los umbrales electrofisiológicos (E) y conductuales (C) (en dB SPL) para 8 kHz obtenidos mediante la técnica de PEAee a MF.

Umbral	500	1 000	2 000	4 000	6 000	8 000
	(Hz)					
E	55	44	46	45	48	49
C	48	35	42	33	41	34
Diferencia	7	9	4	12	7	15

en todos los casos a los conductuales. Sin embargo, la diferencia entre ellos resultó pequeña y se correspondió con los límites que se conocen. Los mismos fueron de (7; 9; 4; 12; 7; 15 dB), respectivamente.

Para evaluar si existían diferencias entre oídos y(o) por frecuencias en el UE (o en el UC) en los sujetos normales, se utilizó un ANOVA con dos factores de medidas repetidas (oído x frecuencia). El análisis se hizo por separado para los umbrales conductuales y electrofisiológicos. En ninguno de los dos casos se evidenciaron diferencias entre oídos [UC: $F(5,45) = 21,13$, $p = 0,978$; UE: $F = (1,11) = 2,72$, $p = 0,127$]. Sin embargo, en ambos casos se observaron diferencias significativas en los umbrales por frecuencias [$F(5,45) = 21,13$; $p = 0,000$ para los UC y $F(5,55) = 4,99$; $p = 0,000$ para los UE]. Un análisis de comparaciones planificadas reveló que la frecuencia de 0,5 kHz fue significativamente diferente de las demás. La interacción entre ambos factores no fue significativa para el UE, pero sí para el UC.

Como último aspecto se evaluó las diferencias de umbrales entre electrofisiológico y conductuales. Se realizó una prueba ANOVA de 2 niveles de medidas repetidas (oído x frecuencia). Este análisis evidenció que no existen diferencias entre oídos [$F(1,9) = 8,51$; $p = 0,380$] ni por frecuencias [$F(5,45) = 2,29$; $p = 0,060$], la interacción entre ambos factores tampoco alcanza significación estadística [$F(5,45) = 1,39$; $p = 0,243$].

DISCUSION

Los resultados sustentan la utilización de la variante ampliada de la técnica de PEAee a MF, (explorando hasta 12 frecuencias simultáneas) como una metodología eficaz y confiable para la realización de una audiometría objetiva. Se conocen varios estudios (en sujetos adultos normales) acerca de la predicción del UC con PEAee. La mayoría de ellos, utiliza la técnica de PEAee a TA^{12,18,25} y sólo tres emplean la de MF^{23,24}. En este último caso, sólo se han explorado en forma simultánea cuatro frecuencias por oído como máximo. En el presente estudio, se logró evaluar simultáneamente seis frecuencias por cada oído con un nivel de precisión comparable al reportado hasta ahora para tonos aislados y para múltiples frecuencias.

Se han reportado²⁵ UE a 28,5; 30; y 34 dB por encima del UC para las

frecuencias portadoras de 0,25, 1 y 4 kHz respectivamente, utilizando la técnica de TA modulados a 80 Hz. En otro estudio¹⁸ utilizando PEAee con tonos de 1 kHz (modulado en amplitud a 91 Hz) se reportan umbrales de 16 dB nHL. Asimismo, valores comparables de 14 y 10 dB nHL fueron encontrados para las frecuencias portadoras de 0,5 y 1 kHz respectivamente.¹² Todos los estudios antes mencionados fueron realizados con la técnica de PEAee a TA. Estudios recientes, donde se empleó la técnica de PEAee a MF, han reportado valores similares a los anteriores en adultos normales. Las diferencias reportadas con la técnica de PEAee a MF son de 18 y 12 dB nHL para las frecuencias portadoras de 0,5 y 2 kHz respectivamente¹⁸. También se han visto diferencias de 14; 12; 11 y 13 dB nHL para las frecuencias portadoras de 0,5; 1; 2 y 4 kHz respectivamente.²³ Más recientemente, se reportaron umbrales de 16; 14; 12; 13 dB nHL para las frecuencias portadoras de 0,5; 1; 2; 4 kHz respectivamente.²⁴ Los resultados de este estudio, al explorar 12 frecuencias resultan comparables a los reportados previamente con las técnicas de tonos aislados y múltiples frecuencias. Asimismo, se obtuvieron umbrales de 7; 9; 4; 12; 7 y 15 dB nHL para las frecuencias portadoras de 0,5; 1; 2; 4; 6 y 8 kHz respectivamente.

De manera que de acuerdo con lo que se conocía hasta ahora, la predicción del umbral conductual en sujetos normales no varía al presentar simultáneamente hasta cuatro tonos por cada oído con respecto a la estimación de tonos aislados. En este trabajo se extienden estos resultados hasta seis frecuencias simultáneas por oído, lo cual constituye una sustentación adicional de la técnica de múltiples frecuencias y amplía su valor como instrumento objetivo para la electroaudiometría.

CONCLUSIONES

Se extiende la técnica de los PEAee con múltiples tonos modulados de forma que facilite su introducción en el terreno de la Medicina Ocupacional.

Se demuestra que es factible extender el intervalo de frecuencias exploradas simultáneamente con la técnica de PEAee a MF hasta 12 frecuencias, incluyendo la evaluación de umbral a 6 y 8 kHz, sin afectar la precisión y confiabilidad de la estimación.

BIBLIOGRAFIA

- Portman M. y Portman C. Audiometría Clínica, Toray-Masson, S.A, Barcelona, 1967.
- Álvarez A. Ruido y Sordera. Contribución al estudio de la hipoacusia ocupacional, El Nuevo Diario, 1997.
- Valdés M. Pesquisaje de defectos auditivos en lactantes mediante potenciales evocados auditivos de tallo cerebral. Tesis en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Médicas, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, La Habana, Cuba, 1985.
- Picton T.W. Clinical usefulness of auditory evoked potentials: a critical evaluation. *J. Speech, Lang. Pathol. Audiol.* 15, 3, 1991.
- Regan D. Comparison of transient and steady-state methods, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 388, 45, 1982.
- Regan D. Human brain electrophysiology: Evoked potentials and evoked magnetic fields in science and medicine, Elsevier, NY, 1989.
- Stapells D.R., Galambos R., Costello J.A. and Makeig S. Inconsistency of auditory middle latency and steady state responses in infants. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 71, 289, 1988.
- Aoyagi M., Fuse T., Suzuki T., Kim Y. and Koike Y. An application of phase spectral analysis to amplitude-modulation following response. *Acta Otolaryngol. Stockh. Suppl.*, 504, 82, 1993.
- Picton T.W., Skinner C.R., Champagne S.C., Kellet A.J.C. and Maiste A.C. Potentials evoked by the sinusoidal modulation of the amplitude or frequency of a tone. *J. Acoust. Soc. Am.*, 82, 165, 1987.
- Victor J.D. and Mast J. A new statistic for steady-state evoked potentials. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 78, 378, 1991.
- Dobie R.A. and Wilson M.J. Analysis of auditory evoked potentials by magnitude-squared coherence. *Ear Hear.*, 10, 2, 1989.
- Valdés J.L. Pérez Abalo M. C. Martín V. et al. Comparison of statistical indicators for the automatic detection of 80 Hz auditory steady-state response. *Ear Hear.*, 1997. (in press)
- Elliot C., Green G.G.R. and Lindsey L.A. A rapid method for the objective estimate of pure tone and intensity discrimination thresholds. *Br. J. Audiol. London*, 18, 248, 1984.
- Rickards F.W. and Clark G.M. Steady-state evoked potentials to amplitude-modulated tones, In Nodar, R.H., Barber C., Evoked Potentials II Boston, Butterworth, 163-168, 1984.
- Kuwada S., Batra R. and Maher V.L. Scalp potentials of normal and hearing-impaired subjects in response to sinusoidally amplitude-modulated tones. *Hear. Res.*, 21, 179, 1986.
- Cohen L.T., Rickards F.W. and Clark G.M. A comparison of steady-state evoked potentials to modulated tones in awake and sleeping humans. *J. Acoust. Soc. Am.*, 90, 2487, 1991.

17. Aoyagi M., Kiren T., Kim Y., Suzuki Y., Fuse T. And Koike Y. Frequency specificity of amplitude-modulation-following response detected by phases spectral analysis. **Audiology**, 32, 293, 1993.
18. Lins O.G., Picton P.E., Picton T.W., Champagne S.C. and Durieux-Smith A. Auditory steady-state responses to tones amplitude-modulated at 80 to 110 Hz. **J. Acoust. Soc. Am.**, 97, 3051, 1995.
19. Pérez M.C. Propiedades funcionales de los componentes del potencial evocado auditivo de corta latencia provocado por estímulos tonales breves. Tesis en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Médicas, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, La Habana, Cuba, 1987.
20. Galambos R., Makeig S. and Talmachoff P.J. A 40 Hz auditory potential recorded from the human scalp. **Proc. Nat. Acad. Sci.**, 78, 2643, 1981.
21. Aoyagi M., Kiren T., Kim Y., Suzuki Y., Fuse T. and Koike Y. Optimal modulation frequency for amplitude modulation following response in young children during sleep. **Hear. Res.**, 65, 253, 1993.
22. Levi E.C., Folsom R.C. and Dobie R.A. Amplitude-modulation following response (AMFR): effects of modulation rate, carrier frequency, age, and state. **Hear. Res.**, 68, 42, 1993.
23. Lins O.G., Picton T.W., Boucher B.L., Durieux-Smith A., Champagne S.C., Moran L.M., Pérez-Abalo M.C., Martin V. and Savio G. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. **Ear Hear**, 1996.
24. Savio G. Electroaudiometría mediante potenciales evocados auditivos de estado estable. Tesis en opción al título de especialista de 1er grado en Fisiología normal y patológica, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, La Habana, Cuba, 1995.

SENSE *Witness*

SISTEMA ESPECIALMENTE DISEÑADO PARA EL ESTUDIO
Y LA OBTENCION RAPIDA Y SEGURA DE LOS POTENCIALES
EVOCADOS EN LA PRACTICA CLINICA, PERMITIENDO
LA EXPLORACION DE LA VIA AUDITIVA, VISUAL
Y SOMATO-SENSORIAL DE FORMA FACIL Y PROFESIONAL.

El Sistema le ofrece:

- ☑ La posibilidad de generar un número ilimitado de protocolos de investigación.
- ☑ Un procedimiento novedoso para obtener criterio de replicabilidad.
- ☑ Una reducción del tiempo de exploración.
- ☑ Indicadores estadísticos para la detección del PE.
- ☑ Eficiente sistema de administración de Bases de Datos.