

Caracterización de la relación señal/ruido de los potenciales evocados auditivos de estado estable durante la promediación

Alejandro Torres, Marilín C. Pérez Abalo, Roberto Carlos Sotero, Liliam Rioja y Eduardo Eimil.

Departamento de Fonoaudiología, Centro de Neurociencias de Cuba, Avenida 25 y 158, Playa, Apartado Postal 6414, Ciudad de La Habana, Cuba.

Recibido: 29 de noviembre de 2002. Aceptado: 12 de diciembre de 2002.

Palabras clave: potenciales evocados auditivos de estado estable, relación señal/ruido, electroaudiometría.
Key words: auditive steady state response, signal to noise ratio, electroaudiometry.

RESUMEN. El presente estudio evalúa las variaciones que ocurren en la relación señal/ruido de los potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAee a Mf) provocado por múltiples tonos simultáneos modulados en amplitud, durante la promediación a lo largo del tiempo. Específicamente, se describen en forma cuantitativa las variaciones de la amplitud de los PEAee a Mf, el ruido residual y los estadígrafos utilizados para la detección automática de las respuestas (T2 Hotelling y T2 Circular). Se estudiaron ocho sujetos adultos sanos utilizando el sistema AUDIX IE. En cada sujeto se obtuvieron 128 registros individuales de los PEAee a Mf. Cada registro individual o ventana de análisis tenía 8192 muestras digitalizadas a 1,37 ms, de manera que el tiempo total de registro fue de 23,9 min. Se utilizó como estímulo una mezcla de tonos de 0,5, 1, 2 y 4 kHz modulados en amplitud a frecuencias de 77, 85, 93 y 101 Hz para el oído izquierdo y de 81, 89, 97 y 105 Hz para el derecho respectivamente. El estímulo fue presentado binauralmente a través de audífonos supraauriculares (TDH - 49) a una intensidad cercana al umbral (20 dB nHL). Se encontró que la amplitud de los PEAee a Mf fluctúa inicialmente en forma variable y alcanza un valor estable a partir de la promediación de 20 registros. Por otra parte, el ruido residual decrece en forma monótonica siguiendo una relación cuadrática con el número de promediaciones. Ambos estadígrafos (T2C y T2H) siguen un comportamiento similar y alcanzan valores significativos estables a partir de la promediación de 30 registros. Estas variaciones de la relación señal/ruido cumplen los supuestos implícitos en la promediación de manera que se afirma como válido este método para la extracción de los PEAee a Mf. Asimismo, la caracterización paramétrica realizada brinda información útil para el perfeccionamiento de la audiometría objetiva mediante PEAee a Mf.

ABSTRACT. The present study evaluates the changes, during long term averaging, in the signal to noise ratio of the auditory steady state evoked response elicited by multiple simultaneous amplitude modulated tones (MSSR). Specifically the authors quantify changes in the response amplitude, noise levels and statistics (Circular T2 and Hotelling T2) for the automatic detection of MSSR during averaging. Eight adults with normal hearing participated in the study. The MSSR recordings were made with the AUDIX system. A total recording time of 23.9 min was stored for each subject comprised of 128 individual epochs (8192 samples digitized at 1.37 ms). The acoustic stimulus was delivered binaurally through earphones (TDH 49) at a fixed near threshold intensity (20 dB nHL). Each stimuli was comprised of four simultaneous continuous tones (0.5, 1, 2 and 4 kHz) modulated in amplitude at 77, 85, 93 y 101 Hz (left ear) and 81, 89, 97 y 105 Hz (right ear). Results show that the amplitude of MSSR fluctuates variably during the first averages and reaches a stable value around average N = 20. On the other hand the residual noise level decreases monotonically as a quadratic function of the number of averages ($1/\sqrt{N}$). Both statistics CT2 and HT2 change with averaging in a similar way and their values are stabilized above significance after average N = 30. The changes evidenced in MSSR signal to noise ratio validate the assumptions of the averaging technique. Therefore this method can be used to extract MSSR. The parametric characterization made here will provide useful information for further improvements of MSSR objective audiometry.

INTRODUCCION

Para poder extraer un potencial evocado auditivo (PEA) es necesario separar la respuesta eléctrica provocada por el estímulo acústico (señal) de la actividad electroencefalográfica de base no relacionada con dicho estímulo (ruido). Esto se logra comúnmente mediante la promediación de un conjunto de segmentos de actividad eléctrica o ventanas de análisis recogidos a partir de la presentación de un estímulo acústico que se presenta en forma repetitiva. Hay tres supuestos básicos, que en la medida que se cumplan, pueden hacer más o menos eficaz el proceso de promediación como técnica de extracción de un potencial evocado.¹ Estos son los siguientes: 1) la señal y el ruido son aditivos, es decir, se suman linealmente en cada segmento o ventana de actividad que se recoge, 2) la respuesta o señal debe permanecer constante en su amplitud y fase de una repetición a otra del estímulo que la provoca y 3) el resto de la actividad de base (considerada como ruido) no está correlacionada con el estímulo y es lo suficientemente variable para ser considerada aleatoria. De esta manera, como el promedio de una constante es la propia constante, en la actividad promediada se obtiene el propio PE o señal, sumado con una pequeña proporción de ruido residual que como se trata de una actividad aleatoria tiende a cero.²

Las variaciones de la señal y del ruido que ocurren al promediar han

sido bien caracterizadas para los PEA transientes provocados por estímulos acústicos breves, que se presentan en forma aislada.² Para estimar el ruido residual se ha propuesto un indicador cuantitativo (en inglés *residual noise level*: RNL) que se calcula como la desviación estándar o dispersión de la referencia cruzada (+/-) del PE. Esta referencia se obtiene al promediar el PE multiplicando por + 1 los segmentos pares y por -1 los segmentos impares, de manera que la señal aparece invertida en fase y se anula al promediar.³ Se ha descrito que el ruido residual decrece en una proporción igual a la raíz cuadrada del número de segmentos promediados ($1/\sqrt{N}$).³

Asimismo, se han propuesto diferentes indicadores cuantitativos para evaluar la relación entre la amplitud de la señal y el ruido residual. Entre estos están el cociente de desviación estándar⁴ (en inglés *Standard Deviation Ratio*: SDR), la relación de energía³ y el coeficiente de correlación entre hemipromedios.³ Otros autores sugieren el uso de la covarianza entre las ventanas de análisis registradas que deben contener la respuesta al estímulo (PE) mezclada con ruido y un patrón o modelo de la respuesta o potencial evocado previamente definido.⁵⁻⁸

El estudio de la relación señal/ruido del PEA transiente (PEAt) y el desarrollo consecuente de descriptores cuantitativos ha hecho posible el perfeccionamiento de la audiometría objetiva basada en este tipo de respuestas, haciendo más eficiente la extracción de la señal, sirviendo de base para nuevos métodos de rechazo de artefactos^{3,9} y de esta forma, facilitar la detección automática del potencial evocado auditivo transiente.

En los últimos años se han comenzado a utilizar con éxito los potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAee a Mf) como una nueva alternativa para la exploración objetiva de la audición. Con esta técnica es posible realizar una caracterización precisa y objetiva de la configuración audiométrica tanto en sujetos sanos como hipoacúsicos.⁹⁻¹² Para obtener los PEAee a Mf se utiliza como estímulo una mezcla de tonos de diferente frecuencia presentados en forma simultánea y en ambos oídos. Esto permite una reducción considerable en la duración de la prueba sin pérdida en la exactitud de la estimación.¹² Sin embargo, las posibles variaciones de la señal y el ruido residual en esta nueva condi-

ción de estimulación simultánea no han sido aún bien caracterizadas. Si bien se han propuesto diferentes indicadores para la detección automática de los PEAee a Mf,¹³ así como métodos para aumentar la eficiencia de la técnica,¹⁴ no se ha estudiado hasta ahora de forma cuantitativa cómo se cumplen los supuestos implícitos en la promediación para los PEAee a Mf a lo largo del tiempo.

El presente estudio constituye un primer paso en el perfeccionamiento de la técnica de extracción y los métodos de detección automática de los PEAee a Mf. Para esto se estudian las variaciones de diferentes parámetros de los PEAee a Mf al promediar durante un largo período de tiempo. Específicamente se evalúan las variaciones de la amplitud de los PEAee a Mf, el ruido residual y los estadígrafos utilizados para la detección automática de las respuestas (T2 H y T2C)

El objetivo del trabajo consistió en caracterizar las variaciones que ocurren en la amplitud de los PEAee a Mf, el ruido residual y los estadígrafos T2 Hotelling y T2 Circular durante la promediación a lo largo del tiempo.

MATERIAL Y METODOS

Sujetos

Se seleccionó una muestra de ocho sujetos (16 oídos) audiológicamente sanos con edades comprendidas entre los 20 y 30 años, a los cuales, se les realizó una audiometría tonal liminar previo al registro eléctrico. Todos los estudios fueron realizados en un local sonoamortiguado con un nivel de ruido acústico global de 62 dB SPL (Tabla 1). Los sujetos fueron instruidos para que se mantuvieran tranquilos, relajados y de ser posible, para que se durmiesen.

Registro

Los registros fueron realizados con el Electroaudiómetro AUDIX 1E (NEURONIC SA). Se utilizaron electrodos de disco (Ag/AgCl) fijados al cuero cabelludo con pasta conductora, colocando en el vertex (Cz) el electrodo activo, la referencia 1,5 cm de

bajo del inion y el electrodo de tierra en Fpz. La impedancia de los electrodos se mantuvo en todos los registros por debajo de 5 kΩ. La actividad bioeléctrica fue amplificada con una ganancia de 12 000 y filtrada analógicamente entre 10 y 300 Hz. A cada sujeto se le realizó un registro hasta alcanzar las 128 promediaciones, independientemente del momento en que alcanzó la significación estadística. Cada registro individual o ventana de análisis tenía 8192 muestras digitalizadas en un período de 1,37 ms de manera que el tiempo total de registro del cada sujeto fue de 23,9 min. Estos registros individuales fueron almacenados en disco para su análisis ulterior.

Estímulo

Como estímulo se empleó una mezcla de tonos continuos de 0,5; 1; 2 y 4 kHz modulados en amplitud a frecuencias de 77, 85, 93 y 101 Hz y de 81, 89, 97 y 105 Hz para los oídos izquierdo y derecho respectivamente, con una profundidad de modulación del 95 %. Este estímulo se presentaba a ambos oídos simultáneamente a través de audífonos supraauriculares TDH - 49 a una intensidad cercana al umbral (20 dB nHL). La generación del estímulo de múltiples frecuencias (MF) se realizó siguiendo un procedimiento desarrollado en el Centro de Neurociencias de Cuba, de forma tal que el espectro del estímulo complejo se compensaba, en cada frecuencia portadora, por las diferencias de audibilidad relativa de cada tono por separado. Este tipo de ajuste implica que la energía acústica para la frecuencia de 500 Hz es ligeramente superior (2 a 4 dB SPL más) que la del resto de las frecuencias dentro de la mezcla de tonos modulados.

Análisis de los parámetros de la respuesta

Amplitud. La amplitud (A) del componente espectral de cada respuesta de frecuencia (f_i) se obtuvo según la ecuación siguiente:

$$A = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Tabla 1. Composición espectral del ruido dentro del local sonoamortiguado.

	Frecuencia (Hz)			
	500	1 000	2 000	4 000
Ruido (dB SPL)	31	32	30	31

donde:

X Parte real de cada componente espectral f_i .

Y Parte imaginaria de cada componente espectral f_i .

T2C. El estadígrafo T2 Circular (T2C) se calculó siguiendo el mismo procedimiento descrito por Victor y Mast.¹⁵ Este indicador evalúa si el subconjunto de componentes espectrales observados correspondientes a la respuesta, se diferencian del ruido a lo largo del espectro. Se asume que el ruido tiene media cero. De esta forma, la región de confianza que se deriva del estadígrafo es un círculo centrado en la media de la respuesta (con un radio calculado sobre 16 observaciones). Si hay respuesta, el intervalo de confianza no incluye el valor cero.

T2H. La T2 de Hotelling (T2H)¹³ evalúa también las diferencias entre señal y ruido. En este caso, la media del ruido no se asume como cero, sino que se estima a partir de un subconjunto de los componentes espectrales donde no hay señal (60 puntos a ambos lados de la señal). Cuando se presentan, como en este estudio, múltiples tonos amplitud modulados simultáneamente, los componentes espectrales empleados para estimar el ruido no incluyen en ningún caso a alguno de los componentes espectrales de alguna otra señal.¹³ El nivel de significación estadística para la detección de la señal fue fijado en $p = 0,05$.

NRR. El nivel de ruido residual (NRR) se calculó como la desviación estándar del PEAAe una vez transformado al dominio de la frecuencia. Para el cálculo se incluyeron todos los componentes espectrales de los PEAAe a Mf excepto aquellos correspondientes a cada una de las señales o respuestas de frecuencia (representados a las diferentes frecuencias de modulación de los tonos)

La fórmula utilizada fue:

$$NRR = \sqrt{\frac{\text{Sum}X - K * \left(\frac{\text{Mean}X}{K}\right)^2 + \text{Sum}Y - K * \left(\frac{\text{Mean}Y}{K}\right)^2}{K - 1}}$$

donde:

K Cantidad total de puntos incluidos en el análisis, es decir los 4 096 componentes espectrales de los PEAAe a Mf menos los que corresponden a la señal (ocho en este estudio).

Sum X Sumatoria de la parte real de los K componentes espectrales.

Sum Y Sumatoria de la parte imaginaria de los K componentes espectrales.

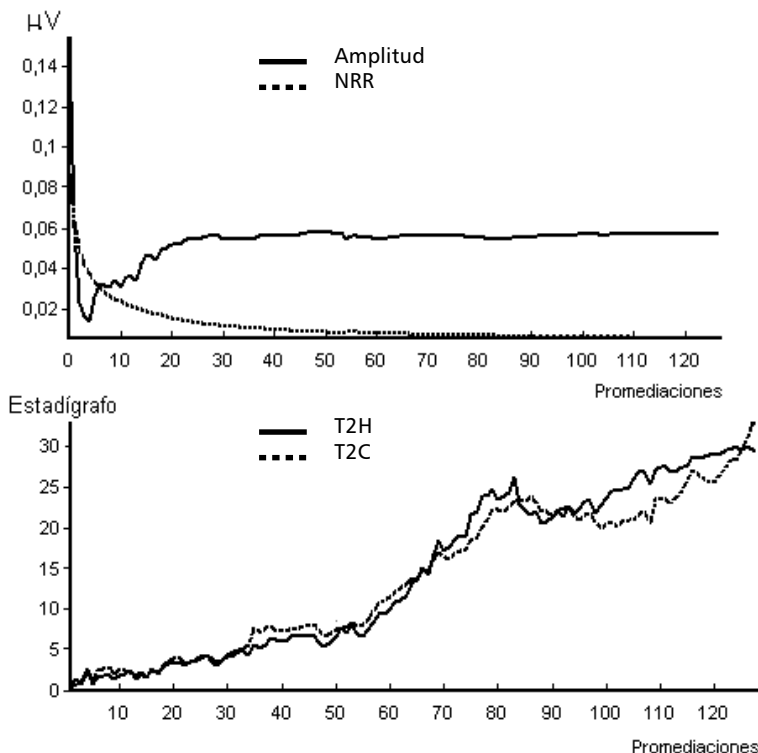


Fig. 1. En la mitad superior de la figura se graficaron los valores de amplitud y el ruido residual a 1 000 Hz a lo largo de 128 promediaciones para un sujeto. La mitad inferior muestra un gráfico en el que se observan los cambios con la promediación de los estadígrafos T2 Circular y T2 Hotelling para un sujeto.

Mean X Media de la parte real de los K componentes espectrales.

Mean Y Media de la parte imaginaria de los K componentes espectrales.

RESULTADOS

Se pudo notar que la amplitud de la respuesta de PEAAe fluctúa durante las primeras promediaciones siguiendo una tendencia primero decreciente y después creciente hasta que alcanza un nivel estable alrededor de $0,06 \mu\text{V}$ a partir de la promediación 20 (Fig. 1). En contraste, el ruido residual disminuye en forma monótonica en relación cuadrática con el número de promediaciones ($1/\sqrt{N}$) hasta alcanzar un

valor estable alrededor de $0,01 \mu\text{V}$ a partir de la promediación 30. Se pudo observar además, que ambos estadígrafos tienen un comportamiento muy similar alcanzando valores significativos ($p = 0,05$) desde la promediación 14 (3 para la T2H y 3.3 para la T2C).

Los gráficos de amplitud en función del número de promediaciones

fueron calculados por separado para cada una de las cuatro respuestas de frecuencias de los PEAAe a Mf y se muestran superpuestos (Fig. 2). Se pudo notar que la amplitud media varía de forma similar a lo descrito para un sujeto llegando a un valor asintótico en la promediación 30 independientemente de la frecuencia. Sin embargo, los valores absolutos de amplitud fueron mayores para las frecuencias graves (500 y 1 000 Hz) que para las agudas (2 000 y 4 000 Hz).

Con el objetivo de analizar en forma más precisa las variaciones de amplitud de los PEAAe a Mf con la promediación, se realizó un ANOVA de medidas repetidas. El modelo evaluado tenía como factor de medidas repetidas la frecuencia (cuatro niveles) y como factor fijo el número de bloques de promediación (ocho niveles o bloques de 16 registros individuales cada uno). En este análisis, se evidenció un efecto principal significativo de la frecuencia [$F(3,3048) = 278,25$; $p = 0,0000$] y de la promediación [$F(7,1016) = 23,45$; $p = 0,0000$]. Estos efectos son independientes, ya que la interacción fue no significativa [$F(21,3048) = 0,42$; $p = 0,99$]. En el análisis de comparaciones múltiples todas las frecuencias fueron diferentes entre sí y la mayor amplitud correspondió

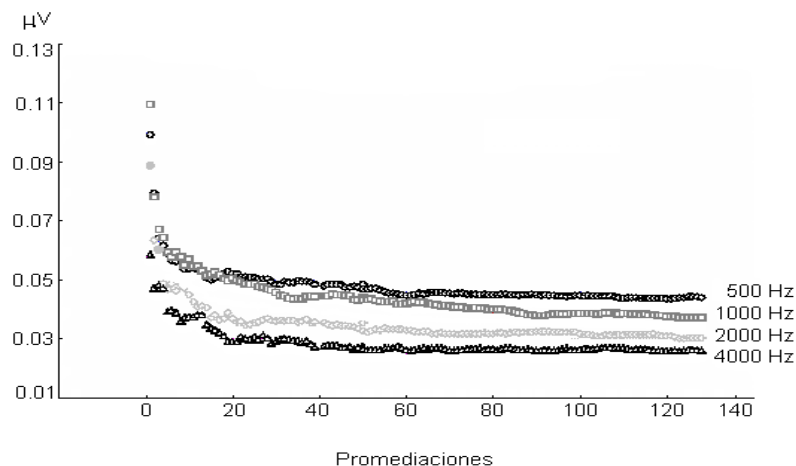


Fig. 2. Graficación superimpuesta de los valores medios de amplitud para cada respuesta de frecuencia de todos los sujetos integrantes de la muestra.

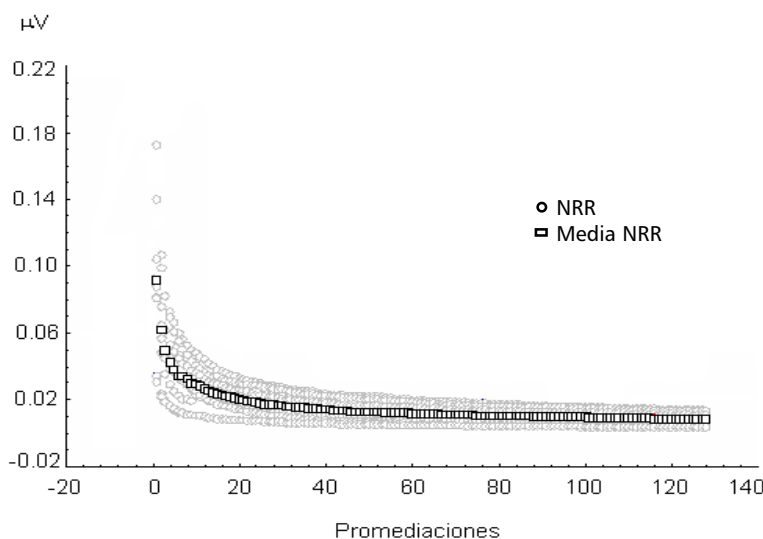


Fig. 3. Se ilustra el comportamiento del nivel ruido residual con la promediación para todos los individuos estudiados. En el gráfico se muestran superimpuestos los valores individuales de NRR para cada promediación, así como la media grupal.

al PEAAe de 500 Hz seguida en orden decreciente por 1 000, 2 000 y 4 000 Hz. En cuanto al número de promediaciones, hubo variaciones significativas de amplitud en los bloques 1, 2 y 3, los cuales difirieron de los restantes. Sin embargo, a partir del bloque 4 (48 promediaciones) no se encontraron diferencias significativas de amplitud.

Se pudo apreciar que en todos los sujetos estudiados el ruido decrece siguiendo una relación cuadrática con el número de promediaciones (Fig. 3). La dispersión de los valores de NRR en los diferentes sujetos fue mayor durante las primeras promediaciones pero alcanzó un valor estable entre 0,01 y 0,03 mV aproximadamente a partir de la promediación 30.

Se pudo comprobar que ambos estadígrafos muestran un comporta-

miento similar y crecen linealmente con la promediaciones (Fig. 4 a y b). Además, se pudo observar que en general para una respuesta cercana al umbral (20 dB nHI) los estadígrafos alcanzan un valor estable de significación estadística ($p = 0,05$) entre la promediación 10 y 24. Específicamente, la T2 H lo alcanzó a partir de las promediaciones 13, 10, 14 y 24 para las frecuencias de 500, 1 000, 2 000 y 4 000 Hz respectivamente y en el caso de la T2C la significación se alcanzó en promediaciones 13, 10, 16 y 18 para las frecuencias de 500, 1 000, 2 000 y 4 000 Hz.

DISCUSION

Los resultados de este estudio constituyen la primera descripción cuantitativa de las fluctuaciones que ocurren durante la promediación en los PEAAe provocado por múltiples

tonos modulados. El análisis realizado acerca de cómo varía la relación señal/ruido de una respuesta de PEAAe a Mf cercana al umbral de audibilidad (20 dB nHI) constituye un primer paso necesario para el perfeccionamiento de esta técnica audiométrica y sirve de base para el desarrollo de métodos óptimos de detección y extracción de los PEAAe a Mf. No se conoce hasta el momento que haya sido publicado un estudio similar para los PEAAe a Mf que caracterice en forma exhaustiva y por un período largo (23,9 min) los cambios que ocurren durante la promediación en la amplitud, el ruido residual y los estadígrafos de detección automática de la respuesta.

La mayoría de los estudios publicados se han centrado en evaluar sólo los cambios de amplitud frente a diferentes condiciones experimentales. Lins y col.¹⁶ caracterizaron las variaciones de la amplitud de la respuesta de los PEAAe a Mf ante la modificación de parámetros tales como las frecuencias moduladora y portadora, la intensidad de estimulación, el modo de presentación (monoaural o binaural) y la profundidad de la modulación. Por su parte, Savío y col.¹⁷ estudiaron cómo cambia la amplitud de la respuesta de los PEAAe a Mf con los cambios de maduración ocurridos con la edad. Otros estudios han analizado la relación existente entre la amplitud de la respuesta y el empleo de diferentes parámetros en la generación de los estímulos acústicos.¹⁸

Los valores de amplitud encontrados en este estudio (0,06 mV como promedio) son comparables a los descritos para los PEAAe a Mf obtenidos a intensidades de estimulación similares, en los cuales, la amplitud oscila entre 0,04 y 0,08 mV.^{17,19} Incluso, aquellos estudios donde se logra un incremento de la amplitud de la respuesta entre un 21 y 29 % al introducir nuevas variantes de estímulo encuentran valores similares a los aquí obtenidos.¹⁹ Sin embargo, en el presente trabajo se encontraron amplitudes mayores para la respuesta de frecuencia de 500 Hz que para el resto de las exploradas. Esto difiere de estudios anteriores, donde se describe una pobre estimación del PEAAe a bajas frecuencias y específicamente, a 500 Hz, debido a la menor amplitud de dicha respuesta.¹⁷ Es posible que la compensación introducida en la generación del estímulo de múltiples frecuencias, al tener una energía acústica ligeramente mayor para las frecuencias

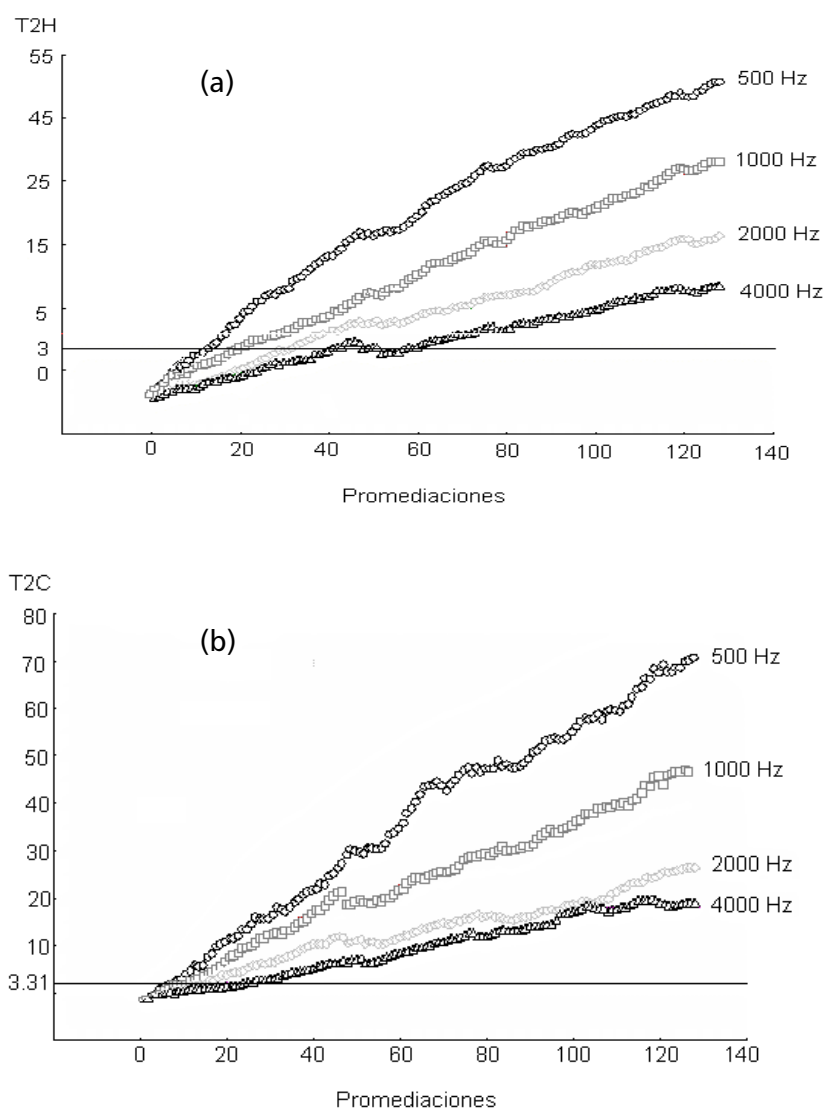


Fig. 4. a) Variación media del estadígrafo T2H a través de las 128 promediaciones separado para cada respuesta de frecuencia de los PEAee a Mf. Una línea superimpuesta al gráfico muestra el valor de significación del estadígrafo. b) Variación media del estadígrafo T2C a través de las 128 promediaciones separado para cada respuesta de frecuencia de los PEAee a Mf. Una línea superimpuesta al gráfico muestra el valor de significación del estadígrafo.

graves, resuelva el problema de la estimación de las bajas frecuencias. Esto sin embargo, debe comprobarse más exhaustivamente en investigaciones ulteriores.

Con relación al nivel de ruido residual, existen pocos estudios que analicen sus variaciones a lo largo de la promediación para los PEAee a Mf. John y col.,¹⁸ demostraron que el ruido residual calculado para el PEAee en el dominio de la frecuencia cumplía el supuesto teórico de disminuir según la raíz cuadrada del número de promediaciones y no encontraron diferencias significativas al comparar el comportamiento del ruido con estimulación con tonos aislados o con una mezcla de tonos modulados. Sin embargo, estos autores sólo calcularon el ruido residual en una porción del espectro to-

tal de la respuesta (entre 70 y 110 Hz) y recogieron un número reducido de promediaciones (12). Esto a su vez, limitaba las posibilidades de un análisis estadístico y una descripción del comportamiento del ruido más exhaustiva. En este estudio, se confirman los hallazgos previos¹⁹ con respecto al comportamiento del ruido residual con la promediación, extendiendo el cálculo a toda la ventana de análisis y aportando nueva información para poder evaluar estadísticamente los supuestos de aleatoriedad y el carácter estacionario del ruido residual en los PEAee a Mf.

Se deben analizar también las variaciones de los estadígrafos con la promediación. El hecho de que el comportamiento de ambos indicadores (T2C y T2H) fuese similar y no

existieran diferencias significativas en la eficiencia de la detección estadística de la respuesta de los PEAee a Mf, concuerda con lo publicado previamente.¹³ Un análisis de los sujetos individuales permite comprobar que la significación de ambos estadígrafos fluctúa a través del tiempo en dependencia de las variaciones de amplitud más que con las variaciones del ruido. Esta observación resulta explicable si se analiza que ambos estadígrafos son variantes de la T2 de Hotelling y realizan la detección de la señal a partir de la representación compleja integral (parte real e imaginaria) del componente espectral de la respuesta.¹³ Algunos autores han propuesto utilizar la información de cómo varía en el tiempo la fase (dirección del vector de la señal en el tiempo) como una forma de aumentar la eficiencia de los estadígrafos en la detección de la señal, para poder definir un sesgo y potenciar la decisión estadística. Sin embargo, los resultados de este estudio hacen pensar que pudiera ser más efectiva una estrategia que defina el sesgo de la decisión estadística utilizando toda la información del componente espectral de la respuesta contenida el estadígrafo tipo T2 a través del tiempo.

Por último, los resultados constituyen un primer paso en el perfeccionamiento de la audiometría por PEAee a Mf. El conocer el intervalo de valores de amplitud y ruido residual donde se estabiliza la detección objetiva de una respuesta umbral en sujetos audiológicamente sanos, permite tener criterios objetivos de cuándo detener la promediación y tomar la decisión de que no hay respuesta significativa por alguna patología del sujeto estudiado. Hasta el momento, este problema no ha tenido una solución satisfactoria en la práctica clínica y solo ha sido abordado de forma empírica y casuística.

CONCLUSIONES

El estudio realizado representa la primera descripción cuantitativa de las variaciones de la relación señal/ruido de los PEAee a Mf durante la promediación por largos períodos. Se demuestra que la amplitud de la respuesta umbral crece con la promediación hasta alcanzar una asíntota a las 30 promediaciones y que el ruido sigue el supuesto teórico de decrecer según la raíz cuadrada del número de promediaciones realizadas. Estas variaciones de la relación señal/ruido cumplen los supuestos implícitos en la promediación, de

manera que se afirma como válido este método para la extracción de los PEAAe a Mf. Asimismo, la caracterización paramétrica realizada brinda información útil para el perfeccionamiento de la audiometría objetiva mediante PEAAe a Mf y constituye un primer paso para la automatización de la técnica con el desarrollo de métodos más eficientes de extracción y detección del PEAAe

BIBLIOGRAFIA

1. Glaser E.M. and Ruchkin D.S. Principles of Neurobiological Signal Analysis. New York, Academic Press, 1976.
2. Picton T.W., Linden, R.D., Hamel, G., Maru, J.T. Aspects of averaging. **Seminars in Hearing**, 4, 327, 1983.
3. Schimmel H. The (\pm) reference: Accuracy of estimated mean components in average response studies. **Science**, 157, 92, 1967.
4. Wong P.K. and Bickford R.G. Brain stem auditory evoked potentials; the use of noise estimate. **Electroencephal. Clin. Neurophysiol.**, 50, 25, 1980.
5. Bezerianos A., Laskaris N., Fotopoulos S., Papatathanasopoulos P. Data dependent weighted averages for recording of evoked potentials signals. **Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.**, 96, 468, 1995.
6. Davila C.E and Mobin M.S. Weighted averaging of evoked potentials. **IEEE Trans. Biomed. Eng.**, 39, 338, 1992.
7. Jiménez J., Carballo J., Riera J., Pérez M.C. Comparación de la eficiencia diagnóstica de diferentes medidas de normalidad para el PEATC. **Biología**, 19, 139, 1988.
8. Valdés M. Pesquisaje de defectos auditivos en lactantes mediante potenciales evocados auditivos de tallo cerebral. Tesis para optar por el grado de Candidato a Doctor en Ciencias Médicas, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, La Habana, Cuba, 1985.
9. Pantev C. and Khvoles R. Comparison of the efficiency of various criteria for artifact rejection in the recording of auditory brain-stem responses (ABR). **Scand. Audiol.**, 13, 103, 1984.
10. Lins O.G., Picton T.W., Boucher B.L., Durieux-Smith A., Champagne S.C., Moran L.M., Perez-Abalo M.C., Martin V., Savío G. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. **Ear Hear**, 17, 81, 1996.
11. Savío G, Pérez-Abalo M.C., Valdés J.L., Martín V., Sierra C., Rodríguez E., Eimil E., Torres A. 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**, 25, 87, 1997.
12. Pérez M.C., Savío G., Torres A, Martín V., Rodríguez E., Galán L. An optimized method to test frequency specific thresholds in hearing impaired children and normal subjects. **Ear Hear**, 22, 200, 2001.
13. 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**, 18, 420, 1997.
14. John S., Dimitrijevic J., Picton T. Weighted averaging of steady-state responses. **Clinical Neurophysiology**, 112, 555, 2001.
15. Victor J.D., and Mast J. A new statistic for steady-state evoked potentials. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, 78, 378, 1991.
16. Lins O.G., Picton P.E., Picton T.W., Champagne S.C., Durieux-Smith, A. Auditory steady-state responses to tones amplitude-modulated at 80 to 110 Hz. **J. Acoust. Soc. Am.**, 97, 3051, 1995.
17. Savío G., Cárdenas J., Pérez Abalo M., González A., Valdés J. The low and high frequency auditory steady state response mature at difference rates. **Audiol. Neurootol.**, 6, 279, 2001.
18. John S., Purcell D., Dimitrijevic J., Picton T. Advantages and caveats when recording steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. **J. Am. Acad. Audiol.**, 13, 246, 2002.
19. John S., Dimitrijevic J., Picton T. Auditory Steady-State Responses to exponential modulation envelopes. **Ear Hear**, 23, 106, 2002.



RESULTADOS CIENTIFICOS DESTACADOS MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR DE CUBA

METODOLOGIA PARA AISLAMIENTO, IDENTIFICACION Y CONSERVACION DE LEVADURAS PROVENIENTES DEL ECOSISTEMA RUMINAL

Instituto de Ciencia Animal y Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria.

Investigadores del Instituto de Ciencia Animal con la colaboración del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria desarrollaron una metodología para el aislamiento, identificación y conservación de levaduras aisladas del ecosistema ruminal. Estos aislamientos se efectuaron con vistas a elaborar un producto biológico de levaduras viables, capaz de modificar la fermentación microbiana ruminal en dietas fibrosas de baja calidad y como resultado, incrementar la población y actividad de microorganismos celulolíticos, así como la eficiencia de utilización digestiva de nutrientes.

El procedimiento elaborado también incluye la siembra y conservación de estos grupos microbianos a partir de herramientas propias. Se diseñó y utilizó un nuevo método para la determinación de la asimilación de los carbohidratos por levaduras como prueba bioquímica para su identificación, el cual es más simple, confiable y adaptado a las condiciones técnico-materiales cubanas, que los descritos hasta el momento y constituye un aporte al conocimiento científico de gran importancia.

Nunca antes en Cuba, se aislaron del rumen, levaduras capaces de resistir las condiciones estresantes que presenta ese órgano para los referidos grupos microbianos, lo que confiere un elevado valor al resultado obtenido, debido a que se dispone de un cepario de levaduras, que pueden ser utilizadas en los trabajos futuros de fermentación microbiana, debido a su amplia supervivencia en el rumen.