

Evaluación de nuevos métodos para el rechazo de artefactos en los potenciales evocados auditivos de estado estable

Cyndi González Alfonso

Correo electrónico:cyndiglez89@gmail.com

Artículo Original

Raúl Ernesto García García

Correo electrónico:raulegarcia@gmail.com

Centro de Neurociencias de Cuba (CNEURO), La Habana, Cuba

Resumen

Se presentan dos métodos alternativos al procedimiento tradicional de rechazo de artefactos, utilizado actualmente en equipos para registro de potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAee) realizados en niños recién nacidos. Estos métodos tienen el objetivo de mejorar la eficiencia del procedimiento actual permitiendo aprovechar una cantidad mayor de registros individuales. El primer método que se propone sustituye el tradicional rechazo de artefactos por umbral de amplitud, mientras que el segundo método es una versión de ejecución más rápida para la promediación ponderada, empleada en la actualidad, la cual es aplicable también en los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral transiente (PEATC) transiente. Estos métodos alternativos han sido implementados para adecuarlos en aplicaciones con microprocesador en tiempo real.

Palabras claves: potenciales evocados auditivos de estado estable, filtro pasa banda, promediación ponderada

Recibido: 4 de abril del 2014 Aprobado: 27 de julio del 2014

INTRODUCCIÓN

La pérdida de la audición o hipoacusia es una discapacidad con severos efectos sobre el desarrollo cognitivo y social humano. Sus consecuencias más graves se producen cuando aparece esta discapacidad desde el nacimiento o en etapas tempranas de la vida, cuando el individuo en ciernes aún no se ha apropiado del lenguaje. Inicialmente se afecta todo el proceso del neurodesarrollo, hasta tal punto que se generan cambios en la organización y maduración del sistema nervioso, conducentes a modificaciones funcionales y estructurales permanentes en la corteza cerebral [1]. Como resultado, el niño quedará inhabilitado para adquirir y perfeccionar el lenguaje, lo cual afectará su desarrollo psicológico y cognitivo, así como su inserción social. Estos efectos adversos pueden evitarse si el diagnóstico de las

pérdidas auditivas y el inicio del tratamiento y de la rehabilitación comienzan antes de los 6 meses de edad [2]. Para la detección temprana de los trastornos auditivos deben emplearse métodos objetivos debido a la dificultad de que el niño coopere en la prueba.

Actualmente uno de los métodos más efectivo y confiable es el registro de los potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAee), el que ha alcanzado una amplia difusión en la práctica clínica audiológica en los recientes años [2], debido a que sus características favorecen la evaluación objetiva de la audición, principalmente porque son generados por estímulos acústicos de larga duración, como los tonos modulados en amplitud (TMA) y su respuesta periódica se puede representar fácilmente en el dominio de la frecuencia aplicando el algoritmo de la transformada rápida de Fourier (FFT), donde la frecuencia de modulación aparece como un

pico o componente espectral de la señal registrada que facilita la detección automática de la respuesta por medio de indicadores estadísticos [3].

La técnica de registros de PE Aee presenta la ventaja de no requerir la cooperación del individuo, por lo que es aplicable a niños muy pequeños o recién nacidos [4], permitiendo la detección temprana de hipoacusia en la etapa preverbal, además de no exigir experiencia en el evaluador para identificar las respuestas debido a que es incorporado un método de detección automática de las respuestas auditivas; esta última ventaja es la que ha conferido gran aplicabilidad y extensión al método. En contraposición, y es el principal inconveniente de esta técnica, durante el registro de las respuestas de los PE Aee pueden aparecer artefactos de diferentes orígenes (fisiológicos y no fisiológicos), que pueden afectar significativamente la relación señal/ruido de los registros, haciendo imposible su detección.

Durante el proceso de promediación sincrónica (también conocido como promediación coherente) aplicado en el registro de los potenciales evocados (PE) en general y en los PE Aee en particular, pueden aparecer registros contaminados con artefactos que provocan una mayor amplitud que la correspondiente al registro base (resultado de la promediación de varios registros). En la actualidad, para disminuir el efecto de los artefactos en los registros de estudio se utiliza el procedimiento de rechazo de artefactos por amplitud basado en desechar aquellos registros individuales cuya amplitud exceda, en cierto margen, los límites máximos de la actividad normal del registro de electroencefalografía (EEG) de base. Este procedimiento evita la contaminación excesiva por ruido del promedio total, al precio de descartar una cantidad importante de los registros individuales obtenidos y por consiguiente en la pérdida del tiempo invertido en su adquisición, el cual en ocasiones puede ser significativo en aquellos casos donde se presentan artefactos más frecuentemente.

Como alternativa al método y procedimiento tradicional, en el presente artículo se exponen y evalúan dos métodos alternativos los cuales atenúan el efecto de los artefactos recuperando registros individuales que se descartarían normalmente mediante el método tradicional de rechazo por amplitud, sin afectar significativamente el tiempo de ejecución ni la relación señal/ruido del promedio total en la región espectral de los PE Aee, lográndose así una mayor eficiencia en el proceso de registro.

MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se describe el procedimiento para la aplicación del método tradicional con adición de las técnicas alternativas para mejorar el rechazo de artefactos en registros de PE Aee.

Registro de los PE Aee

El registro se lleva a cabo preferiblemente en una cabina insonorizada, donde el niño debe estar acostado con la cabeza sobre una almohada, con el fin de que sus músculos

estén lo más relajados posible. Antes de colocar los electrodos se debe hacer una buena limpieza de la zona en donde estos serán colocados, con el fin de que el contacto sea óptimo.

Electrodos y transductores

Para el registro de las respuestas auditivas se utilizan tres electrodos de contacto en dependencia del oído, que se vaya a explorar. En los bebés se emplea frecuentemente la configuración que se muestra en la figura 1, donde un electrodo se ubica por debajo de la línea del cabello en la línea media posterior o mastoide ipsilateral (MIps), que constituiría el terminal negativo. El segundo electrodo se coloca en el vértice o línea media (Fz), que sería el terminal positivo o de referencia. El último electrodo (Fpz) que hace la función de tierra, se puede colocar tanto en la línea media, como en el mastoide opuesto a donde se hace el resgistro [4]. Al estudiar un oído a la vez, se logran respuestas de mayor amplitud y grabaciones más limpias.

Otra forma de registrar los PE Aee es aplicando el estímulo biauricular, pero este método puede ser inquietante para los bebés en el sueño natural. Por lo tanto, los tiempos de prueba más eficaces pueden ser resultado de una prueba de oído a la vez [4].

Para la estimulación se utiliza por vía ósea un transductor o vibrador óseo colocado en el mastoide y para la estimulación por la vía aérea se emplean auriculares de inserción (figura 1).

Estímulos

Los estímulos utilizados en los registros de PE Aee para estudiar la vía ósea y la vía aérea son tonos modulados en amplitud (tonos puros continuos), que periódicamente desarrolla un aumento y disminución en su intensidad. Esta se obtiene mediante la multiplicación de 2 ondas sinusoidales: una onda de mayor frecuencia, que corresponde a la frecuencia fundamental del tono (portadora), y otra onda correspondiente a la frecuencia de modulación (envolvente) [5]. Puesto que se trata de un tono puro, se estimula una zona específica de la cóclea, consiguiendo con ello la especificidad frecuencial.

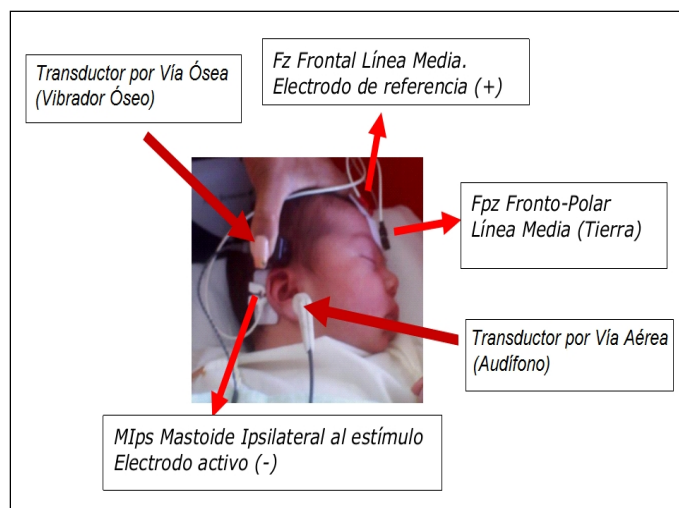


Fig. 1. Colocación de los electrodos y los transductores [4]

Respuestas de los PEaee

Para extraer la respuesta de los potenciales evocados auditivos (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) [6,7]. En este caso, se realiza una promediación de un conjunto de registros de la actividad eléctrica obtenidos a partir de la presentación de un estímulo acústico, que se reproduce continuamente.

Artefactos

Para el procesamiento de señales biológicas es importante detectar o identificar la presencia de artefactos, que puedan afectar la relación señal/ruido. Existen dos tipos básicos de artefactos: los de origen fisiológico, que se generan a partir de la actividad eléctrica relacionada con el funcionamiento normal del cuerpo del individuo y los de origen no fisiológico [8,9].

Para el caso del artefacto por origen fisiológico, el más común en los registros de EEG y PE es el ocasionado por electromiografía (EMG), como es el caso del movimiento facial [10]. En el caso de los artefactos de origen no fisiológicos, el movimiento de electrodos es el más común y es más probable en los casos en que, no existe un buen contacto por una preparación inadecuada de la piel [11]. Además, se encuentran los originados por campos electromagnéticos, como el provocado por la red de distribución de energía eléctrica (50/60 Hz), que son más probables cuando la impedancia de contacto de los electrodos no es lo suficientemente baja o en casos de una mala puesta a tierra del sistema de registro.

Métodos de rechazo de artefactos

Ante la posibilidad de una afectación de la relación señal/ruido ocasionada por artefactos, se hace necesario la aplicación de alguna medida para neutralizar su efecto.

El procedimiento más utilizado por su simplicidad es el llamado "rechazo por amplitud" [12], el cual se basa en rechazar aquellos registros individuales cuya amplitud en cualquier instante de tiempo rebase un valor umbral determinado. Otro procedimiento más eficaz pero de mayor complejidad es el de la Promediación Ponderada (*Weighted Average*) [13]. Para la aplicación de método se asume, que los potenciales evocados auditivos tienen las mismas características en todos los registros individuales, pero con distintos valores de varianza (variabilidad de la amplitud de la señal con respecto a su amplitud promedio) debido a la presencia eventual de los artefactos. En este método, la promediación se realiza ponderando cada registro parcial del potencial, mediante el inverso de la varianza de su ruido.

$$S_w(n) = \frac{1}{\sum_{i=1}^M \frac{1}{\sigma_{Vi}^2}} \cdot \sum_{i=1}^M \frac{x_i(n)}{\sigma_{Vi}^2} \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{k=1}^N (x_k - \bar{x})^2 \quad (2)$$

$$W_i = \frac{\frac{1}{\sigma_{Vi}^2}}{\sum_{j=1}^M \frac{1}{\sigma_{Vj}^2}} \quad (3)$$

Siendo:

$S_w(n)$: Registro ponderado (promediación ponderada).

σ^2 : Varianza del registro.

σ_{Vi}^2 : Varianza del registro individual.

σ_{Vj}^2 : Varianza de todos los registros.

$X_i(n)$: Registro parcial.

X_k : Valor instantáneo del registro.

\bar{X} : Valor medio del registro individual.

N : Cantidad de muestras de los registros.

M : Cantidad total de registros.

W_i : Ponderación de cada registro individual.

i : Número del registro individual analizado.

La ecuación (3) se reduce al promedio de la amplitud de los registros cuando la varianza del ruido es la misma para todos los registros individuales. La promediación ponderada (ver ecuación 1) consiste en dividir cada registro parcial entre su varianza y posteriormente dividir el promedio del total de los registros individuales entre el promedio de los inversos de las varianzas de cada uno.

Con este método se obtienen buenos resultados, sobre todo en casos donde el valor del ruido cambia en cada registro debido a la presencia de artefactos, aunque a diferencia del método de rechazo por amplitud, su implementación es de mayor complejidad.

Nuevos métodos propuestos de rechazo de artefactos

Para materializar y evaluar los métodos alternativo de rechazo de artefactos en las pruebas realizadas se utilizaron 20 registros obtenidos del equipo de pesquiasaje universal (EPU). Las señales registradas estaban constituidas por diferentes respuestas (registros individuales) con las siguientes características:

- La frecuencia de muestreo para todos los casos fue 1 200,5 Hz.
- La cantidad de muestras para cada registro parcial fue 512.
- La frecuencia portadora para la vía ósea fue 500 Hz y la de la vía aérea 2 000 Hz.
- La frecuencia moduladora para la vía ósea fue 93,79 Hz y para la vía aérea 107,9 Hz.

De los 20 registros disponibles, en tres de ellos estaba ausente una de las dos respuestas (ósea o aérea) y en cuatro no era evidente ninguna de las dos respuestas. Esto pudo deberse a dos factores: que los registros estuviesen demasiado contaminados por artefactos de diversas índoles, porque el sujeto en estudio realmente presentaba problemas auditivos.

Metodología

Los registros del EPU estarán constituidos por una cantidad de vectores con $512 \times R$ muestras (recordar que la cantidad de muestras para cada registro parcial fue de 512), donde R es el número de registros individuales que se convirtieron en matrices de 512 filas por R columnas.

La metodología fue implementada sobre la base del siguiente procedimiento:

1. Realizar una promediación conjunta (sincrónica o coherente) de los R registros individuales.
2. Hacer una estimación espectral de las respuestas del promedio de los registros, empleando la transformada de Fourier (FFT).

La estimación espectral de las respuestas se efectuó a partir del espectro de potencias, obteniéndose la relación señal/ruido (detección) según el siguiente procedimiento:

- Obtener la potencia absoluta de las frecuencias correspondientes (picos espectrales) a cada una de las respuestas de interés (vía aérea y vía ósea).
- Calcular el valor medio de la potencia absoluta de ± 10 picos espectrales alrededor del pico de cada una de las respuestas (potencia media del ruido).
- Calcular la relación entre la potencia absoluta de cada respuesta y la potencia absoluta promedio del ruido espectralmente circundante para obtener la relación señal/ruido.

Durante el proceso de evaluación de los nuevos métodos, fueron comparados los valores de relación señal/ruido obtenidos en cada uno de los 22 casos con los obtenidos mediante la aplicación del método tradicional de rechazo por amplitud para obtener una medida estadística del desempeño del procedimiento evaluado.

Métodos de rechazo de artefactos propuestos

A continuación se proponen dos nuevos métodos para rechazar artefactos que constituyen versiones de los que se emplean en la actualidad:

Método 1. Realizar un filtrado pasa banda cerca de las respuestas de los PEAAe y sustituir selectivamente el rechazo del registro completo por la anulación del contenido de las muestras afectadas por el artefacto haciendo sus valores de amplitud igual a cero.

Método 2. Promediación ponderada donde se sustituye el cálculo de la varianza por una operación más simple y rápida.

En ambos casos se buscan métodos eficientes que puedan ejecutarse en tiempo real en un microprocesador de instrumentación.

Método 1. Nueva versión de rechazo por amplitud

Como primer paso fue aplicado un filtro digital pasa banda a cada uno de los registros individuales de los PEAAe y atenuadas las componentes espectrales de los artefactos (interferencia de la línea, EMG, etc) que se encuentran fuera de la banda de frecuencia de la señal, de este modo no es afectada la amplitud de las respuestas de los potenciales y se logra, según el teorema de Parseval, una reducción de la

amplitud total del registro (señal+ruido) y una disminución de la probabilidad de rechazo por amplitud. Para obtener lo antes expresado, fue diseñado un filtro digital pasa banda con las siguientes características:

- Las frecuencias de corte se establecieron en 65 y 160 Hz, de modo que las respuestas evocadas (situadas en 93 y 107 Hz) se encuentren dentro de la banda pasante sin que se produzca una disminución en la amplitud de las mismas.
- Tipo Butterworth, lo que proporciona una respuesta máximamente plana (presenta mínimas ondulaciones) en la banda pasante.
- Orden 3, buscándose una relación de compromiso entre las bandas de transición (pendientes de corte) y el tiempo de ejecución (número de coeficientes).
- Tipo IIR porque ofrece la mejor relación entre el orden (pendientes de corte) y el número de coeficientes (volumen de cómputo y tiempo de ejecución).

Según muestra la figura 2, la respuesta de frecuencia del filtro digital diseñado decae asintóticamente desde las frecuencias de corte hacia menos infinito y más infinito. Debido a que fue elegido de orden 3 las pendientes de corte son de -60 dB por década (aproximadamente -18dB por octava). La ganancia es igual a 1 en la banda de frecuencia de los picos de los PEAAe por lo que no afecta la amplitud.

La eficacia de este método se evaluó comparando el número de registros individuales rechazados mediante el método tradicional antes y después de aplicar el filtro digital pasa banda, supervisándose en todo momento la relación señal/ruido.

Como segundo paso, en aquellos casos donde el número de muestras que rebasan el umbral de amplitud es menor que 10% del total, y con el objeto de evitar la pérdida de los registros individuales que son rechazados por el método tradicional, se introdujo la modificación de igualar a cero la amplitud de las muestras que sobrepasen el umbral de amplitud en lugar de rechazar el registro individual completo. Posteriormente, se evaluó el efecto de emplear ambos procedimientos en conjunto (filtro pasabanda e igualar a cero la amplitud de las muestras), lo que demostró que se aprovecha un mayor número de registros individuales sin afectación de la relación señal/ruido.

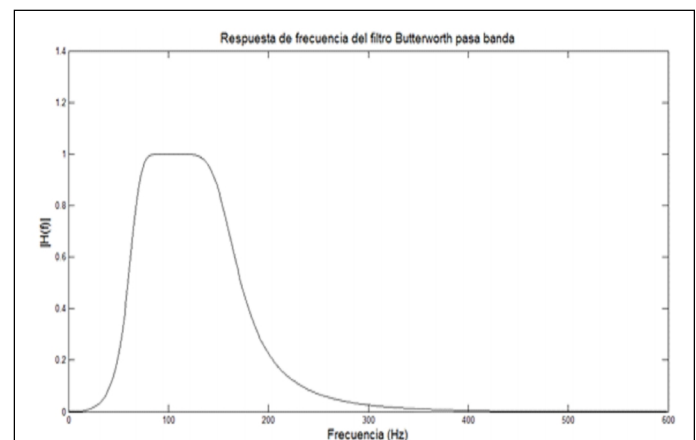


Fig. 2. Respuesta de frecuencia del filtro digital pasa banda

Método 2. Promediación ponderada

La promediación ponderada ha mostrado ser uno de los métodos más eficaces en el rechazo de artefactos al proporcionar mejores relaciones señal/ruido sin desechar los registros individuales contaminados con artefactos.

Este procedimiento, a pesar de su eficacia, necesita un mayor número de operaciones matemáticas para el cálculo de varianza y consecuentemente, un mayor tiempo para la obtención de las señales que el método de promediación convencional, tarea que resulta compleja para el lenguaje del microprocesador que normalmente es empleado en los equipos de medición de potenciales evocados auditivos, como por ejemplo el EPU.

Debido a ello, se decidió probar una versión de este método, en la que se sustituye el cálculo de la varianza por la media del valor absoluto como recurso para la ponderación de los registros individuales,

$$w_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\text{mean}(\text{abs}(x_i))}} \quad (4)$$

Este cambio de variable es posible ya que la alternativa propuesta da una medida de la amplitud media de la señal y la varianza de la potencia media (amplitud al cuadrado), pero en ambos casos se obtiene el efecto de ponderación ante un incremento de la amplitud producida por la presencia de artefactos. Este recurso tiene la ventaja de una menor complejidad matemática y consecuentemente una mayor velocidad de ejecución, además que permite disminuir el tiempo de procesamiento y que sea valorada una relación señal/ruido aproximadamente igual a la obtenida mediante la promediación ponderada clásica

El desempeño de esta nueva versión fue evaluada mediante la comparación de la relación señal/ruido resultante con la del método clásico de promediación ponderada, las cuales se compararon a su vez con el método de rechazo por amplitud tradicional.

RESULTADOS

A continuación se muestran algunos resultados básicos para la comparación de los métodos presentados, identificados como el Método 1 (nueva versión de rechazo por amplitud) y el Método 2 (promediación ponderada).

Cantidad de registros individuales

Teniendo en cuenta que el objetivo del primer método que se propone como sustitución al método tradicional de rechazo por amplitud es lograr un menor número de registros individuales descartados sin afectación de la relación señal/ruido, fue realizada una comparación entre la cantidad de registros individuales que se rechazan en uno y otro caso, lo cual se presenta en la tabla 1.

Tabla 1 Comparación entre el método actual y el método 1				
Registros	No. de registros individuales total	No. de registros individuales rechazados (método tradicional)	No. de registros individuales con artefactos (Método 1)	
			1ra. etapa Aplicando filtro digital pasa banda	2da. etapa Registros individuales rechazados
1	84	10	0	0
2	112	32	3	0
3	84	8	0	0
4	101	9	0	0
5	124	7	0	0
6	150	97	39	0
7	84	3	2	0
8	153	28	8	0
9	84	0	0	0
10	84	0	0	0
11	106	0	0	0
12	94	41	19	6
13	140	28	0	0

El procedimiento de igualar a cero las muestras que sobrepasan el umbral de amplitud (teniendo en cuenta que la cantidad total de muestras tiene que ser menor que el 10 % de la cantidad de muestras del registro) aumenta la probabilidad de aceptación de los registros individuales, sin afectar la amplitud de las respuestas de los potenciales en la frecuencia.

El nuevo valor de umbral de aceptación se evaluó supervisando la preservación de la relación señal/ruido que, como se ilustra en las figuras 3 y 4, mantiene su valor de relación igual o mejor que con el método tradicional.

Relación señal/ruido

A modo de comparación de la progresión de los valores obtenidos con cada uno de los métodos, tal y como ocurre durante un registro en tiempo real, se evaluaron los valores de relación señal/ruido para el 33 %, el 66 % y el 100 % de los registros individuales de cada uno de los 22 casos.

En la figura 3 se representa para cada uno de los métodos, la progresión de los valores medios de la relación señal/ruido de todos los casos correspondiente a la vía ósea.

En la figura 4 se representa, para cada uno de los métodos, la progresión de los valores medios de la relación señal/ruido de todos los casos correspondiente a la vía aérea.

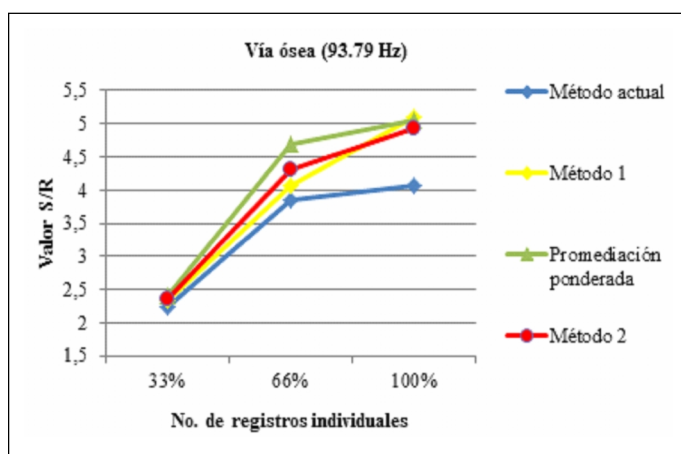


Fig. 3. Relación señal/ruido promedio en la vía ósea en cada método

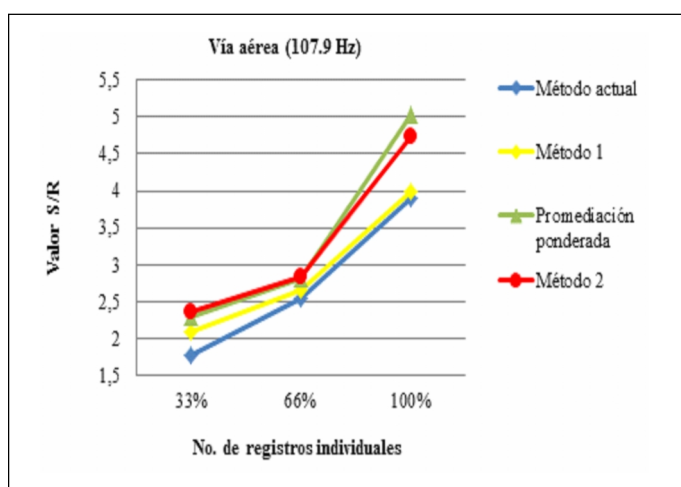


Fig. 4. Relación señal/ruido promedio en la vía aérea en cada método

Tiempo de ejecución

Los tiempos de ejecución fueron analizados con el objeto de realizar también una comparación entre métodos. Aunque el tiempo que tardan estos en ejecutarse en el programa de Matlab es mucho menor, que el que tardaría en un microprocesador en tiempo real, es interesante observar las diferencias relativas entre tiempos de ejecución. Aquí se toma en cuenta, que el tiempo de análisis de cada registro individual en el EPU es de 426 ms.

En la figura 5 se ilustran, para cada uno de los métodos, los tiempos de ejecución medios en Matlab por registro individual de todos los casos disponibles.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el método 1, debido al número de registros individuales que se recuperan con respecto al método tradicional rechazo de artefactos por amplitud, se observa un incremento de la relación señal/ruido por número de registros individuales procesados. Esto se logra, además, sin un sacrificio notable en el tiempo de ejecución necesario por cada registro.

En el método 2, como alternativa al procedimiento de promediación ponderada, se observa un desempeño casi tan eficaz como el tradicional, pero con un tiempo de ejecución significativamente menor (aproximadamente 50 %).

En los casos de registro donde no se obtuvo respuesta auditiva, no se pudo lograr la recuperación de ellas debido a que los registros estaban demasiado contaminados por artefactos de diversas fuentes.

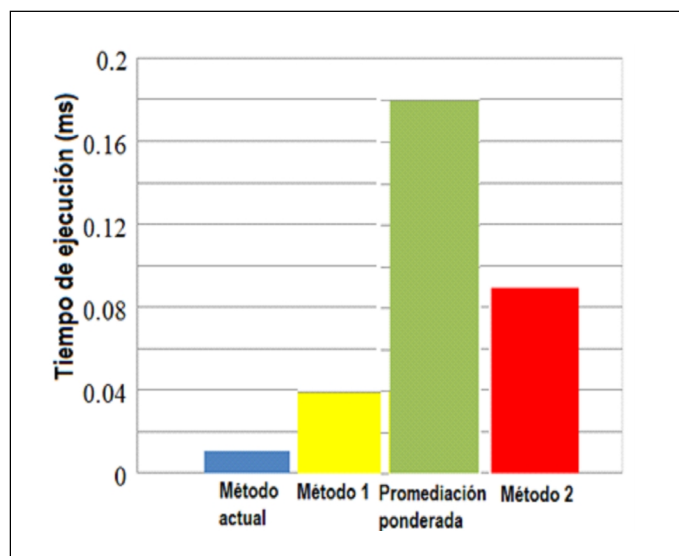


Fig. 5. Tiempo de ejecución medio por registro individual de cada método

CONCLUSIONES

Se desarrolló un método alternativo al de rechazo de artefactos por amplitud, que mediante la recuperación de un mayor número de registros individuales, posibilita una reducción del tiempo medio de obtención de las respuestas en los registros de potenciales evocados auditivos de estado estable.

La reducción del tiempo de ejecución obtenida en el método de promediación ponderada alternativo, favorece su aplicación en tiempo real en equipos de propósito específico, para potenciales evocados auditivos de estado estable como el EPU, así como también para potenciales evocados auditivos de tallo cerebral.

REFERENCIAS

1. MOODY ANTONIO, Stephanie; STRASNICK, Barry. "Inner ear, genetic sensorineural hearing loss". *Medscape Neurol.* 2009, vol. 23, núm. 15. Disponible en Web: <http://emedicine.medscape.com/article/855875-overview> [consultado en mayo del 2013]
2. MIJARES NODARSE, Eleina; PÉREZ ABALO, María Cecilia; SAVÍO LÓPEZ, Guillermo. "Métodos de pesquiasaje de las pérdidas auditivas a edades tempranas". *Auditio: Revista Electrónica de Audiología.* 2006, vol. 3, núm. 1, pp. 9-18. ISSN: 1577-3108X. Disponible en Web: <http://www.auditio.com/docs/File/vol3/1/030103.pdf>. [consultado en junio del 2013].

3. **MONTOYA PEDRÓN, Arquímedes.** "Potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias: valoración de los estudios sobre localización de sus generadores cerebrales". *MEDISAN*. 2011, vol. 14, núm. 9, pp. 1-12. ISSN 1029-3019. Disponible en Web: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192011000900011&lng=es&nrm=iso. [consultado en mayo del 2013].
4. **PÉREZ-ABALOA, María del Carmen; GAYA, José Antonio; SAVIO, G.** "Diagnóstico e intervención temprana de los trastornos de la audición: una experiencia cubana de 20 años". *Revista de Neurología*. 2005, vol. 41, núm. 9, pp. 556-563. PMID: 16254856. Disponible en Web: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pediatrica/pesquidcuba-revneurol2005-41\(9\)556-63.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pediatrica/pesquidcuba-revneurol2005-41(9)556-63.pdf). [consultado en junio del 2013].
5. **JANSSEN, Renée.** "Diagnostic Auditory Brainstem Response". Training Manual. BCEHP Diagnostic Protocol Advisory Group. Junio 2008, Canada, Editorial: Provincial Health Service Authority. Disponible en Web: <http://www.phsa.ca/NR/rdonlyres/B8B8FF59-6474-4E66-8B92-5F1EA30916FD/40120/zDiagnosticABRTrainingManualSept292008.pdf>. [consultado en junio del 2013].
6. **SEMMLOW, John.** *Biosignal and Biomedical Image Processing MATLAB Based Applications*. Marcel Dekker. New York, Estados Unidos. 2004. ISBN: 0-8247-4803-4.
7. **TORRES, Alejandro; PÉREZ ABALO, Marilín, et. al.** "Caracterización de la relación señal/ruido de los potenciales evocados auditivos de estado estable durante la promediación". *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 2004, vol. 35, núm. 3, pp. 191-196, ISSN impreso: 0253-5688, ISSN electrónico: 2221-2450 Disponible en Web: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181225915009>. [consultado en junio del 2013].
8. **SCHOMER, Donald; LOPES DA SILVA, Fernando.** *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. 2011. Point Lippincott Williams & Wilkins, 6ta. ed., pp. 976-1002. ISBN-13: 978-0781789424.
9. **WILDING, Timothy; MCKAY, Colette; BAKER, Richard.** "Auditory Steady State Responses in Normal-Hearing and Hearing-Impaired Adults: An Analysis of Between-Session Amplitude and Latency Repeatability, Test Time, and F Ratio Detection Paradigms". *Ear Hear*. 2012, vol 33, núm. 2, pp. 267-278. PMID: PMC3378473. Disponible en Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3378473/>. [consultado en junio del 2013].
10. **RANCE, Gary; DOWELL, Richard C.; RICKARDS Field, W.** "Steady State Evoked Potential and behavioral hearing thresholds in a group of children with absent click-evoked auditory brain stem response". *Ear Hear*. 1998, vol.19, pp: 48-61. PMID:9504272. Disponible en Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9504272>. [consultado en mayo del 2013].
11. **VANDER WERFF, Kathy R.** "Accuracy and Time Efficiency of Two ASSR Analysis Methods Using Clinical Test Protocols". *Journal of the American Academy of Audiology*. 2009, vol. 20, núm. 7, pp. 433-452. www.audiology.org/sites/default/files/journal/JAAA_20_07_04.pdf [consultado en junio del 2013].
12. **Dávila, C. E.; Mobin, M. S.** "Weighted averaging of evoked potentials". *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 1992, vol. 39, núm. 4, pp. 338-345. ISSN: 0018-9294. Disponible en Web: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=126606&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel1%2F10%2F3540%2F00126606>. [consultado en mayo del 2013].
13. **SASHA JOHN, Michael; DIMITRIJEVIC, Andrew; PICTON, Terence.** "Weighted averaging of steady-state responses". *Clinical Neurophysiology*. 2001, vol. 112, pp. 555-562. PII: S1388-2457(01)00456-4. Disponible en Web: http://www.researchgate.net/publication/12108390_Weighted_averaging_of_steady-state_responses [consultado en mayo del 2013].

AUTORES

Cyndi González Alfonso

Ingeniera Biomédico, Centro de Neurociencias de Cuba (CNEURO), La Habana, Cuba

Raúl Ernesto García García

Ingeniero Biomédico, Centro de Neurociencias de Cuba (CNEURO), La Habana, Cuba

Evaluation of New Methods for Artifacts Rejection in Evoked Auditory Steady-State Potentials

Abstract

This paper presents two alternative methods to the traditional method of artifact rejection equipment currently used in evoked potential recording steady state (ASSR) in order to improve efficiency based on the use of a larger number of individual records. The first method proposed is to replace the traditional use of rejection threshold amplitude, while the second version is a faster implementation of the weighted averaging used today, which is applicable also in the transient Auditory Brainstem Response (ABR). These changes have been made in order to implement these methods in a real time microprocessor.

Key words: evoked auditory steady-state potentials, pasaband filter, weighted averaging