

El potencial auditivo de 40 hertz en adultos normoyentes *The hearing potential of 40 hertz in adults with normal hearing*

Recepción del artículo: 20-10-21 | Aceptación del artículo: 26-03-22

Alma Janeth Moreno-Aguirre^{1,2}

alma.moreno@uaem.mx

 <https://orcid.org/0000-0001-9076-5987>

María Elizabeth Mónica Carlier-Torres²

carliermonica@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5712-5312>

Ana Paola Escalante-Ornelas³

medicos.aof@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-0369-4445>

Marco Abiel Hernández-Camacho⁴

marco.abiel@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3786-0800>

Thalía Harmony²

thaliah@unam.mx

 <https://orcid.org/0000-0002-4209-3191>

¹ Facultad de Comunicación Humana,
Universidad Autónoma del
Estado de Morelos (UAEM).

²Unidad de Investigación en Neurodesarrollo “Dr.
Augusto Fernández Guardiola”, Departamento de
Neurobiología Conductual y Cognitiva del
Instituto de Neurobiología, Universidad Nacional
Autónoma de México (UNAM).

³Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS),
Hospital Regional No. 2, Querétaro.

⁴Hospital Regional de Alta Especialidad de
Zumpango, Estado de México.

Para referenciar este artículo:

Moreno-Aguirre, A.J., Carlier-Torres, M.E.M.,
Escalante-Ornelas, A.P., Hernández-Camacho,
M.A. & Harmony, T. (2022). El Potencial Auditivo
de 40 Hertz en adultos normoyentes. *Revista
ConCiencia EPG*, 7 (Edición Especial), 75-89.
[https://doi.org/
10.32654/ConCienciaEPG/Eds.especial-4](https://doi.org/10.32654/ConCienciaEPG/Eds.especial-4)

Autor de correspondencia:

Carlier-Torres María Elizabeth Mónica

Resumen

Se analizaron las características del potencial auditivo tálamo-cortical de 40 Hertz (Hz) en una población de adultos normoyentes. Estudio cuantitativo, transversal y comparativo. La muestra fue de 16 participantes con audición normal por audiometría, en un rango de edad de 20 a 30 años (N=32 oídos), se identificó la respuesta periódica como indicador de procesamiento sensorial normal y el fenómeno dado por el par amplitud-latencia, como indicador de la integridad y conducción de la vía auditiva. El registro fue en vigilia relajada, en cámara sonoamortiguada, con auriculares TDH39 y equipo Audix (Neuronic). La señal se exportó y analizó en Matlab. Se identificaron los componentes de los 40 Hz, se promediaron las respuestas de amplitud y latencia y se analizó con la prueba estadística no-paramétrica (Wilcoxon). El potencial con mayor amplitud fue el de 250 Hz en forma bilateral y no mostraron diferencias significativas en las latencias. Es posible identificar en población adulta normoyente el potencial auditivo de 40 Hz, debido a que es constante en la mayoría de las frecuencias de 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz en ambos oídos con mayor amplitud en la frecuencia de 250 Hz y con latencias esperadas en el rango entre los 10 a 50 ms.

Palabras Clave: *Potencial 40Hz, Vía Auditiva, Adulto normoyente, amplitud, latencia.*

Abstract

The characteristics of the thalamus-cortical auditory potential of 40 Hertz (Hz) in a population of adults with normal hearing were analyzed. Quantitative, cross-sectional and comparative study. The sample was 16 participants with normal hearing by audiometry, in an age range of 20 to 30 years (N=32 ears), the periodic response was identified as an indicator of normal sensory processing and the phenomenon given by the amplitude-latency pair, as an indicator of the integrity and conduction of the auditory pathway. The record was in relaxed vigil, in sonoamortigated chamber, with TDH39 headphones and Audix equipment (Neuronic). The signal was exported and analyzed in Matlab. The components of the 40 Hz were identified, the amplitude and latency responses were averaged and analyzed with the non-parametric statistical test (Wilcoxon). The potential with the greatest amplitude was that of 250 Hz bilaterally and did not show significant differences in latencies. It is possible to identify in the adult population with normal hearing the auditory potential of 40 Hz, because it is constant in most of the frequencies of 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz and 4000 Hz in both ears with

greater amplitude in the frequency of 250 Hz and with expected latencies in the range between 10 to 50 ms.

Keywords: *Potential 40Hz, Auditory pathway, Adult with normal hearing, amplitude, latency.*

Introducción

El tracto de la vía auditiva tálamo-cortical es un grupo de radiaciones acústicas, proyecciones axonales altamente mielinizadas que constituyen una de las principales vías sensoriales del cerebro. Este tracto lleva la información auditiva del núcleo geniculado medial, localizado en la parte ventral del tálamo, a la corteza temporal (Maffei et al., 2019). Desde el punto de vista anatómico, la vía auditiva tálamo-cortical inicia en el núcleo central del colículo inferior y proyecta fibras hacia la porción ventral del cuerpo geniculado medial del tálamo; de esta estructura talámica se proyectan fibras hacia la corteza auditiva primaria. Estas proyecciones conservan la propiedad fundamental de la tonotopía, que significa que las neuronas que componen estos núcleos guardan un orden anatómico de acuerdo con la frecuencia característica que procesan desde la membrana basilar del órgano de Corti (Bekésy, 1928; Jara & Délano, 2014).

La vía auditiva ascendente en su porción tálamo-cortical ya se ha estudiado desde el punto de vista estructural (Maffei et al., 2019); sin embargo, se ha dificultado evaluar su funcionamiento por técnicas electrofisiológicas (Marcotti & Rivera, 2021). La vía auditiva ascendente se ha evaluado mediante el registro de los potenciales evocados auditivos (PEA). Los PEA se identificaron al inicio del siglo pasado y se definen como la descarga sincrónica de las neuronas en diferentes niveles de la vía auditiva en respuesta a un estímulo acústico. Existen diferentes tipos de PEA que permiten estudiar diferentes tractos de la vía auditiva central (Cañete, 2014). Los PEA se han analizado con base en su latencia, es decir, el tiempo que transcurre en milisegundos (ms) desde que se presenta el primer estímulo e inicia la respuesta auditiva. Con base en este criterio, los PEA se clasifican como de latencia temprana o latencia corta como los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC), conformados por los componentes I, II, III, IV, V, VI y VII; como los potenciales evocados auditivos de latencia media (PEALM), en los que se identifican los componentes Pa, Na, Nb y Pb; los potenciales evocados auditivos de latencia tardía o larga (PEALL) con los componentes P1, N1, P2, P3 y el potencial de disparidad

también denominado mismatch negativity (MMN). Musiek y colaboradores (1984) proponen que las estructuras de la vía auditiva de tallo cerebral (nervio auditivo, núcleos cocleares, complejo olivar superior, lemnisco lateral y colículo inferior) se evalúan por los PEATC, en tanto que el cortex y el subcortex auditivo por los PEALM y la onda P300 (citado en Zenker & Barajas, 2003).

Los PEALM de 40 Hz se obtienen al registrar las ondas cerebrales evocadas por sonidos que se presentan a través de auriculares a una velocidad de 40 sonidos por segundo. Esta respuesta electrofisiológica puede reflejar la actividad superpuesta de varias neuronas que aparecen de 8 a 80 ms después de un estímulo auditivo (Galambos et al., 1981). Los estímulos pueden ser en forma de clicks, tonos o estímulos verbales de corta duración (Marcotti & Rivera, 2021).

Se ha descrito que las ondas que aparecen en estas latencias se combinan para formar una onda compuesta única y estable cuando los sonidos se repiten a velocidades de alrededor de 40 Hz y puede contener información útil sobre la integridad funcional de las fibras nerviosas auditivas del tracto tálamo-cortical. Además, la respuesta está presente en

intensidades de sonido muy cercanas a los umbrales esperados en una audiometría tonal convencional, sobre todo cuando el estímulo auditivo es en 500 Hz, un hecho que se ha contemplado como aplicación en evaluación clínica del umbral auditivo para población en adultos (Galambos et al., 1981; Marcotti & Rivera, 2021).

Gracias a diversas investigaciones, ya se cuentan con técnicas establecidas que permiten evaluar de manera precisa de acuerdo a valores normativos, la funcionalidad de la vía auditiva ascendente en su porción coclear, tallo cerebral, así como la respuesta auditiva cortical, que corresponden a los potenciales evocados auditivos de latencia corta y latencia larga; sin embargo, a pesar de los estudios reportados con el PEALM de 40 Hz, aún no es muy claro para algunos autores cuáles son sus generadores y cómo se puede evaluar la función auditiva del trayecto de tálamo a corteza cerebral (Eggermont, 2019; Korczak et al., 2012; Cone & Norrix, 2015; Redondo-Martínez et al., 2016).

Aun cuando se ha contemplado que el PEALM a 40 Hz permitió el desarrollo de los potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAee), su aplicación clínica ha caído en desuso a diferencia de los PEAee utilizados desde hace ya

alrededor de dos décadas en población de lactantes y en otras edades sobre todo ante la presencia de deficiencia auditiva (Korczak et al., 2012). El valor diagnóstico del PEALM a 40 Hz para determinar el umbral auditivo en lactantes no es confiable debido a que la señal no es estable, probablemente por los procesos normales de madurez de la vía auditiva. Además, porque se ha encontrado que la señal disminuye su amplitud de manera significativa durante el sueño, y este es el estado más apropiado para registrar los potenciales evocados auditivos de los lactantes; es complicado mantener en estado de vigila a esta población durante el registro. En cambio, es objetiva en los adultos y niños mayores para identificar umbral auditivo y se ha reportado que permite evaluar la función auditiva del tracto tálamo-cortical (Galambos et al., 1981; Rodríguez & Algarra, 2014; Robayo, 2017). Este es un estudio piloto con dieciséis adultos jóvenes con audición normal, con el propósito de analizar en ambos oídos, la amplitud y latencia del PEALM de 40 Hz en el intervalo de tonos de 250 a 4000 Hz.

Objetivo: Analizar las características del PEALM de 40 Hz en una población de adultos normoyentes.

Método: El diseño de estudio es cuantitativo, transversal y comparativo. La muestra se conformó por conveniencia. Los criterios de inclusión para seleccionar a los participantes fueron: 1) estudiantes de licenciatura y posgrado; 2) con un intervalo de edad entre 20 y 30 años; 3) con audición normal bilateral corroborado con audiometría tonal liminar y logaudiometría; 4) que firmaron el consentimiento informado. Los criterios de exclusión fueron: 1) Personas fuera del intervalo de edad; 2) que tuvieran pérdida auditiva uni o bilateral por estudios de audiometría tonal liminar y logaudiometría; 3) que no concluyeran todas las evaluaciones requeridas y 4) que no firmaran el consentimiento informado. Se realizó el estudio de audiometría tonal liminar y logaudiometría a los dieciséis participantes, previa otoscopia (otoscopio Wech Allyn), bajo técnica convencional con equipo audiómetro de Interacoustics modelo AD229 y auriculares TDH39, en cámara sonoamortiguada.

El registro del PEALM de 40 Hz se realizó a todos los participantes que conformaron la muestra, en posición sentada cómodamente en un sillón reposet, despiertos, relajados, con ojos cerrados, en una cámara sonoamortiguada. Se conformó una sola muestra (hombres y

mujeres), donde se compararon los resultados obtenidos de manera separada de ambos oídos.

Técnica de registro del Potencial de latencia media de los 40 Hz: Los registros se realizaron con equipo electrofisiológico de potenciales evocados auditivos modelo Audix de Neuronic, S.A., audífonos TDH39 y consumibles (pasta dermoabrasiva, pasta conductora, gasas, cinta micropore). Se utilizaron electrodos de disco de Ag/AgCl. Bajo el sistema internacional 10/20 de la electroencefalografía, se colocaron los electrodos activos en Cz, usando de referencia la apófisis mastoides A1, A2, y tierra FpZ; dos canales para el registro ipsi y contralateral. La impedancia de los electrodos fue menor de 5 KOhms. El estudio se realizó durante el estado de vigilia en reposo.

La sensibilidad fue de 0.5 $\mu\text{V}/\text{div}$ y los registros se filtraron de 30 a 300 Hz, con una ganancia de 12000. Un tiempo de análisis de 100 ms con un máximo de promediaciones de 500. La estimulación fue por sincronismo interno y por tonos de 40 Hz de frecuencia con polaridad alterna. Las frecuencias portadoras fueron de 250 a 4000 Hz con duración de 6 ms, subidas/caídas de 2 ms, meseta de 2 ms, envolvente lineal, con intensidad de 70 dB

HL. El tiempo de registro promedio fue de 20 minutos.

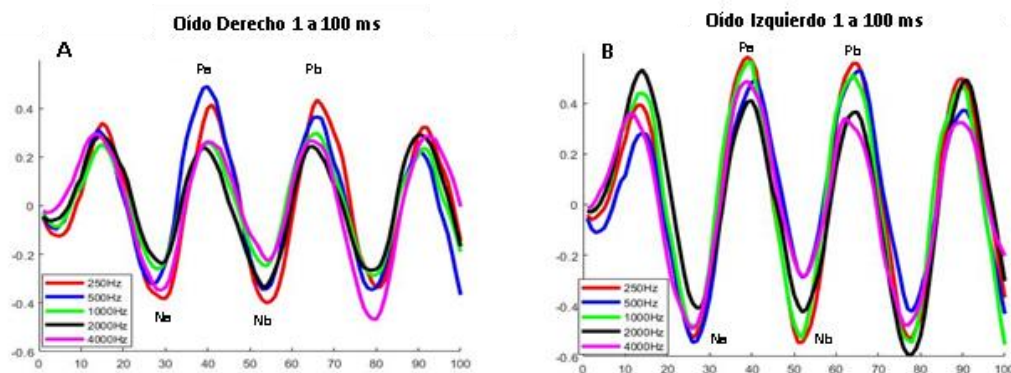
Para el análisis del registro se identificaron los componentes de los 40 Hz y se seleccionó el trazo más estable para la comparación. Las señales se exportaron a Matlab para su análisis. Se determinó la envolvente de cada señal en cada frecuencia y luego se promediaron las respuestas de los dieciséis participantes. Posteriormente se cuantificó el máximo de las respuestas, así como la latencia y los valores se compararon con la prueba estadística no-paramétrica de Wilcoxon.

Resultados: Se evaluaron dieciséis adultos 12 mujeres (75%) y 4 hombres (25%), estudiantes de licenciatura y posgrado que realizaban actividades académicas en la

Unidad de Investigación en Neurodesarrollo “Dr. Augusto Fernández Guardiola” en el Instituto de Neurobiología de la UNAM campus Juriquilla, Querétaro, Qro. El rango de edad de la población participante fue entre 20 a 30 años, con una media de 22.5 años ($DE \pm 0.84$), previa firma del consentimiento informado se identificó audición normal documentada audiométricamente por médico especialista en Audiología y Foniatría. Posteriormente se realizó el registro del potencial de los 40 Hz, siendo un total de 32 oídos. En los registros se observó el patrón esperado en cuanto a la morfología del potencial, como se muestra en la figura 1, donde se observa un trazo de uno de los participantes en ambos oídos.

Figura 1

Respuesta del potencial de los 40 Hz de uno de los participantes de la muestra.



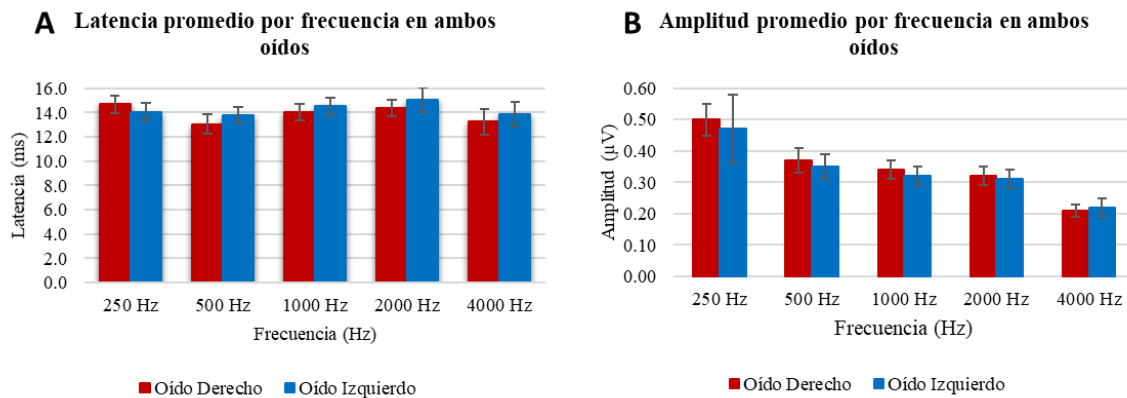
(A) El potencial de los 40 Hz, en el oído derecho, en el mismo nivel de percepción (70 dB) pero por tonos de diferente frecuencia. (B) El potencial de los 40 Hz, en el oído izquierdo, en el mismo nivel de percepción (70 dB) pero por tonos de diferente frecuencia. En el eje X: tiempo en milisegundos (ms). En el eje Y: amplitud en microvoltios (μV). *Fuente: Elaboración Propia.

Los valores promedio de la amplitud y latencia obtenidos para oído derecho e izquierdo mostraron fueron muy

similares en la mayoría de los oídos evaluados, como se muestra en la figura 2A y 2B.

Figura 2

Valores del potencial de 40 Hz por oído.



(A) Valores de las latencias en ambos oídos por frecuencia. (B) Valores de la amplitud en ambos oídos por frecuencia. Amplitud en microvoltios (μV). Latencia en milisegundos (ms). Frecuencia en Hertz (Hz).

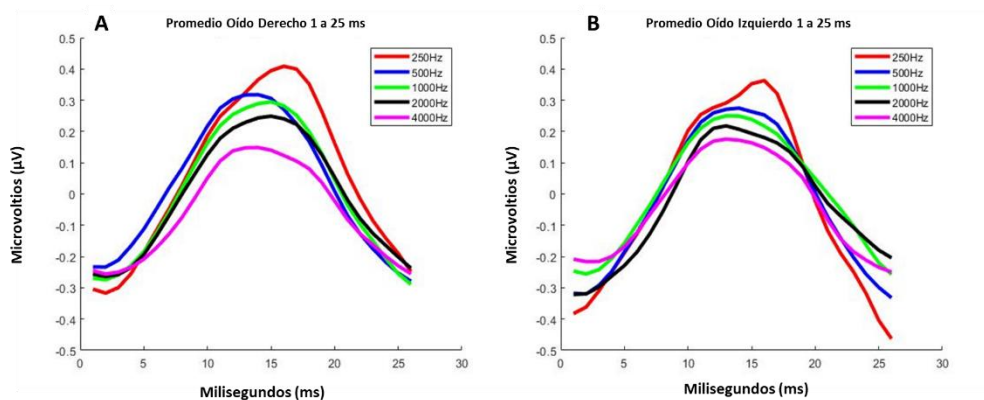
*Fuente: Elaboración Propia.

La amplitud promedio del potencial de los 40 Hz tuvo mayor voltaje en el tono de 250 Hz con relación a las frecuencias de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz, tal como se muestra en las figuras 3A y 3B, donde en ambos oídos se presentó mayor

amplitud en 250 Hz, de predominio en oído izquierdo; sin embargo, no se presentó diferencia significativa entre ambos.

Figura 3

Promedio del potencial de los 40 Hz en los dieciséis adultos normoyentes.



(A) El potencial de los 40 Hz, en el oído derecho, en el mismo nivel de percepción (70 dB) pero por tonos de diferente frecuencia. (B) El potencial de los 40 Hz, en el oído izquierdo, en el mismo nivel de percepción (70 dB) pero por tonos de diferente frecuencia. En el eje X: tiempo en milisegundos (ms). En el eje Y: amplitud en microvoltios (μV). *Fuente: Elaboración Propia.

La latencia promedio del potencial de los 40 Hz a partir de los componentes Na, Pa, Nb y Pb se presentó en el rango de 20 a 50 ms; sin embargo, la latencia más corta fue en el tono de 250 Hz en ambos oídos con relación a las frecuencias de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz, sin mostrar diferencia significativa.

Discusión y conclusiones

En un inicio los PEALM fueron considerados inciertos porque se desconocía si estas respuestas con latencia de 10 a 50 ms se generaban por actividad miogénica (de la musculatura del cuero cabelludo y retroauricular) o actividad

neurogénica (producida por la vía auditiva propiamente). En la actualidad se conoce que los PEALM son generados por la vía auditiva y se han identificado los componentes Na, Pa, Nb y Pb (Martin, 1991; Rodríguez & Algarra, 2014).

Algunos autores han sugerido que los componentes de los PEALM se originan en estructuras corticales como la porción posteromedial del giro de Heschl, plano temporal y del giro temporal superior, así como subcorticales como el colículo inferior y las proyecciones tálamo corticales provenientes del cuerpo geniculado medial. Además, a diferencia de los componentes Nb y Pb, los componentes

Na y Pa no son influenciados por la formación reticular, lo que hace suponer que por eso son estables e independientes del ciclo vigilia-sueño (Martin, 1991; Marcotti & Rivera, 2021).

De acuerdo con los procesos de maduración y desarrollo de la vía auditiva, el PEALM de 40 Hz no se utiliza en población de lactantes para evaluar parte de la vía auditiva e identificar el umbral de audición en el diagnóstico temprano de la hipoacusia; para esta evaluación se usan el PEATC y el PEAee. Sin embargo, su utilidad puede ser proyectada a otros grupos como la población infantil a partir de los 5 años, población adulta y personas que por alguna condición no cooperan para ser evaluados por las pruebas convencionales subjetivas como la audiometría tonal y la logaudiometría (Korczak et al., 2012; Martin, 1991; Trinidad et al., 2008; Cone & Norrix, 2015).

Existen numerosas técnicas de análisis de señal para valorar los potenciales evocados auditivos de latencia media (Mørup et al., 2007); sin embargo, el uso de ellas es complejo, implica el procesamiento de la señal cruda (raw), y no se puede realizar fácilmente en los equipos convencionales de evaluación clínica audiológica. Sin embargo, es una necesidad

que se perfeccione la técnica de registro, establecer valores normativos y que se realicen más estudios comparativos entre una diversidad de poblaciones con o sin patología, por grupos de edad, sexo, entre otras características para que pueda considerarse a futuro como un estudio de apoyo neurodiagnóstico con alta sensibilidad y especificidad (Cañete, 2009).

Aunque la muestra evaluada no se comparó con otros grupos, ya que el propósito principal fue identificar características propias de población adulta joven normoyente, los resultados encontrados en esta investigación son consistentes con los reportados por Galambos et al. (1981), ya que se observó que en la frecuencia de 250 Hz se generó un potencial con mayor amplitud en ambos oídos por lo que puede contemplarse como un componente estable para evaluar la vía auditiva en el tracto tálamo-cortical. Esto discrepa de lo reportado en otras investigaciones que buscan el umbral en el tono de estímulo de 500 Hz, que posiblemente esta diferencia se deba a la intensidad del estímulo utilizado que fue entre 5 a 20 dB, que en la muestra del estudio el cual fue a 70 dB (Spydell et al., 1985; Barajas et al., 1988); por lo que se requieren más estudios para determinar la relevancia clínica de esta prueba tanto para

la búsqueda del umbral como la integridad funcional de la vía. A diferencia de otras técnicas y métodos de registro, la propuesta para esta investigación permite analizar en frecuencia aislada a cierta intensidad cómo es la respuesta, a diferencia por lo reportado por Bohórquez y Ozdamar (2008), en su análisis el tipo de estímulo fue a multifrecuencia o por lo expuesto por Gaskin y colaboradores (2019), bajo pulsos de trenes acústicos en diferentes frecuencias, por lo que la respuesta se puede evaluar de manera más precisa y específica por frecuencia este tramo tálamo-cortical.

Se ha propuesto por diversos autores que el PEALM de 40 Hz puede tener utilidad para diferentes condiciones; como ante la presencia de una patología del lenguaje, como lo reportado por Robayo (2017) en una población de niños hablantes tardíos que cursan con audiometría tonal liminar aparentemente con audición normal, pero con los componentes del PEALM con latencias y amplitudes mayores a una población de niños con desarrollo típico del lenguaje, así como para poblaciones con trastornos del aprendizaje y del procesamiento auditivo (Marcotti & Rivera, 2021). En población adulta también se propone su aplicación en población simuladora con pruebas audiológicas

anormales como en la audiometría y logaudiometría (Rodríguez & Algarra, 2014). En población de pacientes con hipoacusia, neuropatía auditiva, enfermedades desmielinizantes o enfermedades subcorticales del lóbulo temporal, como tumores, infartos, infecciones, enfermedades crónicas degenerativas como diabetes mellitus y/o alteraciones estructurales que evidencien un compromiso en la vía tálamo-cortical (Spydell, 1985; Martini et al., 1991; Blanco, 2004; Báez et al., 2007; Cañete. 2009; Alain et al., 2013;). En varios estudios reportados por Celebisoy et al., (1996) con poblaciones que presentaron esclerosis múltiple encontraron que el PEALM se encuentra ausente de manera consistente con una afectación de la vía auditiva rostral por lo que la combinación con el PEATC puede mejorar la precisión diagnóstica para examinar todo el sistema auditivo. Es también importante considerar a futuro investigaciones que puedan incluir poblaciones que hayan padecido la COVID-19 debido a los hallazgos que han tenido en un porcentaje de los afectados, que pudiera también impactar en este procesamiento auditivo (Gaskins et al., 2019; De la Serna 2022).

Para esta investigación se concluye que es posible identificar en población

adulta normoyente el potencial auditivo de 40 Hz, debido a que es constante en la mayoría de las frecuencias de 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz en ambos oídos con mayor amplitud en la frecuencia de 250 Hz y con latencias esperadas en el rango entre los 10 a 50 ms.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer Al Dr. Jorge Bosch por su apoyo para exportar la señal del equipo Audix para poderla procesar en Matlab. A la Dra. Lourdes Cubero Rego, Dra. Yuria Cruz Alaniz, Dr. Eduardo González Moreira, Dra. María Elena Juárez Colín, Dra. Josefina Ricardo-Garcell y a la Ing. Paulina Álvarez e Ing. Héctor Belmont por su apoyo para el desarrollo de este trabajo.

Información de financiamiento

Esta investigación no tuvo apoyo financiero.

Conflicto de intereses y otras declaraciones de ética

No se cuenta con algún conflicto de interés.

Referencias

- Alain, C., Roye, A., & Arnott, S. (2013). Middle- and long-latency auditory evoked potentials: What are they telling us on central auditory disorders? In G. G. Celesia, *Disorders of Peripheral and Central Auditory Processing*, Handbook of Clinical Neurophysiology, 177 – 199. Elsevier B. V.
- Almeida, F. S. D., Pialarissi, P. R., Paiva Júnior, L. E. F., Almeida, M. A. O., & Silva, A. (2006). Respostas auditivas evocadas de latência média: um estudo de padronização. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 72, 227-234. <https://www.scielo.br/j/rboto/a/9drNfSd5Hy7G5SG6kyRytzh/?format=pdf&lang=pt>
- Báez, M.M., Menor, M.C., Abreu, I.C., Gómez, J., & Sánchez, R.G. (2007). Valor del potencial evocado auditivo de latencia media en el estudio de personas con esclerosis múltiple forma brote-remisión. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 16, 69-76. <http://revecuatneurol.com/wp-content/uploads/2015/06/Valor-de-Potencial.pdf>

- Barajas, J.J., Fernandez, R.N., & Bernal, M.R. (1988). Middle latency and 40 Hz auditory evoked responses in normal hearing children: 500 Hz thresholds. *Scandinavian Audiology Supplementum*, 30, 99-104. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3227289/>
- Békésy G. (1928). Zur *Theorie des Hörens; die Schwingungsform der Basilarmembran*. *Phys Zeits*, 29, 793-810. Békésy, G. (1928). Sobre la teoría de la audición: La forma vibratoria de la membrana basilar. Éditeur inconnu.
- Blanco, E. C. (2004). Utilidad de los potenciales evocados auditivos de latencia media en su variedad de 40 hercios para la exploración del nivel de pérdida auditiva en el paciente hipoacúsica. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca, España.
- Bohórquez, J., & Ozdamar, O. (2008). Generación de la respuesta auditiva de estado estacionario (ASSR) de 40 Hz explicada mediante convolución. *Neurofisiología clínica: revista oficial de la Federación Internacional de Neurofisiología Clínica*, 119(11), 2598–2607. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.08.002>
- Cañete, S.O. (2009). Neuropatía auditiva, diagnóstico y manejo audiológico. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 69(3), 271-280. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162009000300011>
- Cañete, S.O. (2014). Auditory cortex evoked potentials: P1-N1-P2 complex and clinical applications. *Revista Otorrinolaringología de Cirugía de Cabeza y Cuello*, 74, 266-274. <https://doi.org/10.4067/s0718-48162014000300012>
- Çelebisoy, N., Aydo, I., Ekmekçi, Ö. y Akürekli, Ö. (1996), Middle latency auditory evoked potentials (MLAEPs) in Multiple Sclerosis (MS). *Acta Neurologica Scandinavica*, 93: 318-321. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.1996.tb00003.x> RESUMEN
- Cone, B., & Norrix, L.W. (2015). Measuring the Advantage of Kalman-Weighted Averaging for Auditory Brainstem Response Hearing Evaluation in Infants. *American Journal of Audiology*, 24(2),153-168. https://doi.org/10.1044/2015_aja-14-0021
- De La Serna, J. M. (2022). *Aspectos psicológicos del Covid-19*. Litres.

- Eggermont, J.J. (2019). Chapter 30. Auditory brainstem response. In Levin, K.H. & Chauvel, P. (Eds), *Handbook of Clinical Neurology*, Elsevier 160, 451-464. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64032-1.00030-8>
- Fukushima, E. M., & Castro Jr, N. P. D. (2007). A study of logon-evoked middle latency responses in female subjects with normal hearing. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 73(3), 308-314. <https://www.scielo.br/j/rboto/a/4r4cHF8T37cpfSzZJjqMPsC/?format=pdf&lang=pt>
- Galambos, R., Makeig, S., & Talmachoff, P. J. (1981). A 40-Hz auditory potential recorded from the human scalp. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 78(4), 2643–2647. <https://doi.org/10.1073/pnas.78.4.2643>
- Gaskins, C., Jaekel, B. N., Gordon-Salant, S., Goupell, M. J. y Anderson, S. (2019). Efectos del envejecimiento en las respuestas perceptivas y electrofisiológicas a los trenes de pulsos acústicos en función de la velocidad. *Revista de investigación del habla, el lenguaje y la audición: JSLHR*, 62 (4S), 1087–1098. https://doi.org/10.1044/2018_JSLHR-H-ASCC7-18-0133
- Jara, N., & Délano, P.H. (2014). Advances in auditory cortex. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello*, 74, 249-258. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/orl/v74n3/art10.pdf>
- Korczak, P., Smart, J., Delgado, R., Strobel, T. M., & Bradford, C. (2012). Auditory steady-state responses. *Journal of the American Academy of Audiology*, 23(3), 146–170. <https://doi.org/10.3766/jaaa.23.3.3>
- Maffei, C., Sarubbo, S., & Jovicich, J. (2019). A Missing Connection: A Review of the Macrostructural Anatomy and Tractography of the Acoustic Radiation. *Frontiers in Neuroanatomy*, 13, 27. <https://doi.org/10.3389/fnana.2019.00027>
- Marcotti, A., & Rivera, S. (2021). Evaluación electrofisiológica del procesamiento auditivo. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello*, 81, 122-138. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/orl/v81n1/0718-4816-orl-81-01-0122.pdf>
- Martin, F.N. (1991). *Introduction to Audiology*. 4th Edition. ISBN 0-13-477605-4. Prentice-Hall, Inc. United States of America

- Martini, A., Comacchio, F. and Magnavita, V. (1991), Auditory Brainstem and Middle Latency Evoked Responses in the Clinical Evaluation of Diabetes. *Diabetic Medicine*, 8: S74-S77. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.1991.tb02162.x>
- Mørup, M., Hansen, L. K., & Arnfred, S. M. (2007). ERPWAVELAB a toolbox for multi-channel analysis of time-frequency transformed event related potentials. *Journal of neuroscience methods*, 161(2), 361–368. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.11.008>
- Musiek, F.E., & Baran, J.A. (1997). Central auditory assessment: Thirty years of change and challenge. *Ear and Hearing*, 8 (Suppl.), 22-35.
- Musiek, F.E., Geurkink, N.A., Weider, D.J. and Donnelly, K. (1984), Past, present, and future applications of the auditory middle latency response. *The Laryngoscope*, 94: 1545-1553. <https://doi.org/10.1288/00005537-198412000-00002>
- Portillo, R., & Rojas, E. (2001). Potenciales Evocados Auditivos de Corta y Mediana Latencia en Niños con Antecedente de Encefalopatía Hipóxico Isquémica Neonatal. *Anales de la Facultad de Medicina*, 62 (2), 95-99. https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/anales/v62_n2/pdf/a02v62n2.pdf
- Pratt, S., & Lightfoot, G. (2012). Physiological mechanisms underlying MLRs and cortical EPs. En: Tremblay K, Burkard R, eds. *Translational perspectives in auditory neuroscience: Hearing across the life span-assessment and disorders*. Plural Pub, 243-82.
- Redondo-Martínez, J., Morant-Ventura, A., Robledo-Aguayo, D., Ayas-Montero, A., Mencheta-Benet, E., & Marco-Algarra, J. (2016). Extra-tympanic electrocochleography in a normal population. A descriptive study. Electrocochleografía extratimpánica en una población normal. Estudio descriptivo. *Acta otorrinolaringológica española*, 67(5), 254–260. <https://doi.org/10.1016/j.otorri.2015.10.002>
- Robayo, D.M. (2017). *Potenciales evocados auditivos de latencia media y larga, en inicio tardío del lenguaje entre tres y seis años*. [Tesis en Fonoaudiología, Universidad Nacional de Colombia]. https://www.researchgate.net/profile/Amanda-Paez-Pinilla/publication/343021762_POTENCIALES_EVOCADOS_AUDITIVOS_DE_

- LATENCIA_MEDIA_Y_LARGA_EN_INICIO_TARDIO_DEL LENGUAJE_ENTRE_TRES_Y_SEIS_ANOS_Trabajo_de_grado_para_optar_por_el_titulo_de_Fonoaudiologo/links/5f11f8e892851c1eff18f8a7/POTENCIALES-EVOCADOS-AUDITIVOS-DE-LATENCIA-MEDIA-Y-LARGA-EN-INICIO-TARDIO-DEL-LENGUAJE-ENTRE-TRES-Y-SEIS-ANOS-Trabajo-de-grado-para-optar-por-el-titulo-de-Fonoaudiologo.pdf
- Rodríguez, M. M., & Algarra, J.M. (2014). *Audiología*. Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial CYAN, Proyectos Editoriales, S.A. ISBN:978-84-8198-905-2
<https://seorl.net/PDF/ponencias%20oficiales/2014%20Audiolog%C3%ADa.pdf>
- Spydell, J.D., Gary, P., & William, D.G. (1985). The 40 Hertz Auditory Event-Related Potential: Normal Values and Effects of Lesions. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/ Evoked Potentials*, 62 (3), 193–202.
[https://doi.org/10.1016/0168-5597\(85\)90014-0](https://doi.org/10.1016/0168-5597(85)90014-0)
- Trinidad, G., Trinidad, G., & de la Cruz, E. (2008). Potenciales evocados auditivos. *An Pediatr Contin*, 6(5), 296-301. [https://doi.org/10.1016/S1696-2818\(08\)74884-4](https://doi.org/10.1016/S1696-2818(08)74884-4)
- Tucker, D. (2002). Effects of Stimulus Rate and Gender on the Auditory Middle Latency Response. *Journal of the American Academy of Audiology*, 13(3),146-53; DOI:10.1055/s-0040-1715956.
https://www.researchgate.net/profile/Denise-Tucker/publication/11429990_Effects_of_Stimulus_Rate_and_Gender_on_the_Auditory_Middle_Latency_Response/links/555d502008ae8c0cab2ac5c7/Effects-of-Stimulus-Rate-and-Gender-on-the-Auditory-Middle-Latency-Response.pdf
- Zenker Castro F., & Barajas del Prat J. (2003). Las Funciones Auditivas Centrales. *Auditio*, 2(2), 31-41.
<https://doi.org/10.51445/sja.auditio.vol2.2003.0025>