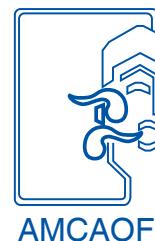


Artículo de revisión

Recibido: abril 2015
Aceptado: noviembre 2015

Vol. 5, Núm. 1
Enero-Abril 2016
pp 6-12



Diferencia de umbrales binaurales enmascarados (MLD). Bases y controversias para el estudio de los procesos centrales de la audición

*Difference in binaural masked thresholds (MLD).
Basis and controversy for the study of central auditory processes*

Yolanda Rebeca Peñaloza-López,* Guillermina Castillo Maya,†
Adrián Poblano Luna,§ Sandra Vázquez Spude||

Resumen

El propósito de esta revisión es difundir las características principales de la prueba de diferencia de umbrales binaurales enmascarados (MLD por sus siglas en inglés *masking level difference*), su utilidad, experiencias clínicas y experimentales en relación con sus bases anatomofuncionales, con énfasis en la necesidad de ampliar el criterio de anormalidad en la interpretación de su medición. La prueba MLD es poco conocida, en clínica es binaural y de utilidad para el estudio de los procesos centrales de la audición. Se mencionan sus antecedentes a partir de los mecanismos en los que está involucrada. Se hace hincapié en la importante sensibilidad peculiar del cerebro para identificar el umbral de dos estímulos que son antifásicos o dicóticos respecto a otros estímulos que son homofásicos o dióticos. Se comentan los valores de la MLD que se han usado para correlacionarla con alteraciones en el tallo cerebral al encontrar cifras menores de siete decibelios. Se describe lo que reporta la bibliografía médica reciente sobre la participación de los niveles corticales en la ejecución de la prueba. Se plantea la necesidad de estudiar el desempeño de esta prueba en modelos clínicos de daño auditivo cortical aislado o asociado con daño insular y del cuerpo calloso.

Palabras clave: Diferencia de umbrales binaurales enmascarados, procesos centrales de la audición: corteza auditiva primaria, sistema nervioso auditivo central, pruebas dióticas y dicóticas.

Abstract

The purpose of this review is to disseminate the main features of the test of difference binaural masked thresholds (MLD for Masking Level Difference), its usefulness, clinical and experimental experiences regarding their anatomo-functional basis, with emphasis on the need to extend the criterion of abnormality in the interpretation of this measurement. The MLD test is little known, in clinic is binaural and useful for the study of the central auditory processes. A background is mentioned based on the mechanisms that are involved. The important peculiar sensibility of the brain to identify the threshold of two stimuli that are anti-phasic or dichotic over other stimuli that are homo-phasic or diotic is emphasized. MLD values that have been used to correlate with changes in the brainstem to find figures under seven decibels are discussed. What the recent medical literature reports on the involvement of cortical levels in the test run, is described. The need to study the performance of this test in clinical models of isolated or associated cortex hearing damage with insular and corpus callosum damage, arises.

Key words: Difference of binaural masked thresholds, central auditory processes: primary auditory cortex, central auditory nervous system, diotic and dichotic tests.

* Área de Procesos Centrales de la Audición. Investigación División de Neurociencias y Audiología División de Audiología y Otoneurología.

† Servicio de Neurofisiología División Medicina de Electrodiagnóstico.

§ Laboratorio de Neurofisiología Cognoscitiva. Investigación. División de Neurociencias.

|| Servicio de otoneurología, división de audiología y otoneurología.

Instituto Nacional de Rehabilitación (INR).

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medicgraphic.com/audiologia>

Introducción

Esta prueba audiológica poco conocida se identifica como MLD o *masking level difference*. Es una prueba binaural de utilidad para el estudio de los procesos centrales de la audición.

El objetivo de esta revisión es difundir las características principales de la MLD, su utilidad, las experiencias clínicas y experimentales sobre sus bases anatomofuncionales y sus expresiones anormales, con énfasis en la necesidad de ampliar el criterio de anormalidad para la interpretación de sus mediciones.

Procesos centrales de la audición

La American Speech Language and Hearing Association (ASHA),¹ así como la British Society of Audiology (BSA)² y la American Academy of Audiology (AAA) han generado los lineamientos en varios consensos de expertos para caracterizar las funciones implícitas en los procesos centrales de la audición (PCA), además se identificaron sus vínculos con funciones cerebrales superiores como la lateralidad, la atención, la memoria y cognición que participan en el funcionamiento de los PCA.

Los PCA son una superespecialidad de la audiología que crean una visión integral de la función auditiva. A esta materia le compete a la función normal y anormal que tiene lugar en el sistema nervioso auditivo central (SNAC), desde los núcleos cocleares en el tallo cerebral hasta la corteza auditiva.³ No obstante, esta función depende del complejo acervo de información que proviene de los órganos periféricos de la audición.

Los trastornos en los PCA (TPCA) se definen como "las dificultades en el procesamiento perceptual de la información en el SNAC y en la actividad neurobiológica que le subyace, dando lugar a la actividad electrofisiológica de los potenciales auditivos". Estos trastornos pueden coexistir con otras afecciones neurológicas.⁴

Antecedentes, concepto y fundamentos

La MLD es una prueba relativamente compleja que pone en evidencia mecanismos de procesamiento temporal de la audición. Estas funciones tienen sede en el SNAC desde los primeros relevos de la vía auditiva, especialmente en el complejo olivar superior, en otros relevos y en la misma corteza auditiva que realizan procesamientos espacio-temporales de la información auditiva.

Una definición operativa de la MLD es: "la diferencia de umbrales binaurales enmascarados obtenida por contraste de fase", cuyos valores se expresan en decibelios por nivel de audición (dBHL).

El sustrato funcional de la MLD implica que los estímulos (So-No) están presentándose en un modelo diótico, en el que tanto el estímulo (S) como el ruido (N) tienen lugar sin oposición de fase entre ambos oídos; se oyen igual y simultáneamente por oído derecho e izquierdo y crean para el SNAC una condición difícil de percibir, así que su umbral es mayor. Después de un periodo de aplicación la prueba MLD cambia hacia la condición dicótica (S180-No). Con esta variación el estímulo aplicado al oído derecho e izquierdo contiene una diferencia de fase de 180°, por lo que se escucha simultáneamente por ambos lados y son diferentes. Este cambio se traduce en mejoría en la sensibilidad en el SNAC que finalmente es cuantificable como mejoría del umbral en decibelios o MLD. Esta prueba fue descrita por primera vez por Licklider y por Hirsh en 1948.^{5,6}

Para medir la MLD generalmente se emplean estímulos tonales y de éstos es común el uso de 500 hertzios (Hz) como tono de prueba.^{7,8} Sin embargo, hay reportes sobre la aplicación de otras frecuencias y también puede efectuarse con la palabra. De la misma forma, el segundo estímulo suele ser el ruido de banda angosta o bien el ruido blanco.⁹

El modelo base de esta prueba audiológica fue aplicado por Jeffress en 1948. Él mismo propuso también en varias publicaciones "cómo surge la sensibilidad a esta diferencia de tiempo interaural", su técnica de aplicación ha venido consolidándose por varias décadas.¹⁰ La obtención de la MLD se basa en un fenómeno bien conocido en audiología que tiene lugar cuando se aplica un estímulo en oposición de fase, que puede ser tanto S como N. La condición identificada como So-No (o se refiere a los grados en oposición de fase, que en este caso es nula). Por lo tanto, estas siglas significan que no hay oposición de fase entre un oído y el opuesto ni entre la señal como tampoco entre el ruido; por lo tanto, se trata de una condición diótica. En tanto que S180-No significa que en la señal o tono hay una oposición de fase entre un oído y su opuesto en una condición dicótica (simultáneo pero diferente), si bien no hay diferencias de fase entre el ruido, también aplicado a ambos lados (*Figura 1*). En la condición N180-So, la oposición de fase entre ambos oídos sólo se aplica para el ruido.

Es aceptado que entre So-No y S180-No sin desfasamiento ni en la señal ni en el ruido y con desfasamiento en la señal; en este caso en el tono de 500 Hz en condiciones de normalidad sí existen en forma constante

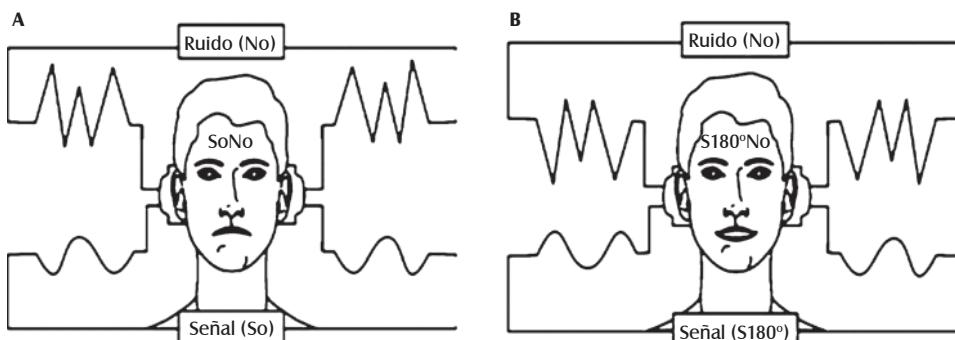


Figura 1.

Modelos de prueba MLD:
So-No; S180-No.

A. Condición diótica So-No en que no hay diferencia de fase entre el ruido blanco ni entre la señal de 500 Hz aplicada a cada oído. B. Representa condición dicótica S180-No en que sólo hay diferencia de fase entre ambos oídos para la señal de 500 Hz.

diferencias de umbral significativas. No obstante; entre S180-No y N180-So y especialmente entre N180-So (con oposición de fase para el ruido) y So-No, la modificación del umbral que se aprecia no manifiesta una presencia constante.¹¹ Por lo anterior, no se esperan variaciones que tengan un valor aplicable a la clínica. A pesar de ello, estas tres modalidades de cambios de fase se exploran en un estudio regular de la MLD en diferentes equipos comerciales. Aunque hasta el momento la MLD aplicada como herramienta de diagnóstico audiológico se fundamenta exclusivamente en el cambio de umbral observado entre So-No y S180-No.

Mediciones y límites de normalidad

En la década de los 70 del siglo XX, la MLD se usó en el estudio de varias patologías periféricas sensoriales, sin encontrársele utilidad para el diagnóstico audiológico periférico, especialmente si existe hipoacusia bilateral asimétrica. Olsen en 1976 estudió 12 casos con trastornos del sistema nervioso central (SNC) por diferentes condiciones, como son esclerosis múltiple (EM), procesos inflamatorios del puente, trastornos degenerativos del cerebelo o accidentes vasculares del tallo cerebral.¹² Todos ellos produjeron valores anormalmente bajos de MLD, a pesar de que los casos mostraron audición normal para tonos puros.¹³

La MLD ha sido aplicada en el estudio de los TPCA en condiciones en las que el paciente ha presentado supresión de la audición en períodos críticos por desarrollo de otitis media crónica o por paradigmas de supresión de la información durante mucho tiempo,¹⁴ así como trastornos del lenguaje,¹⁵ disfemia¹⁶ y presbiacusia.¹⁷

Es frecuente que los valores normales de la MLD promedio se encuentren entre 8 y 11 decibelios (dB). Los valores considerados como anormales son menores de 7 dB y se correlacionan en la bibliografía audiológica con daño en tallo cerebral, si bien Palmer y cols. mencionaron incluso 6 dB como normal en el año 2000.¹⁸ Todo lo ante-

rior para la variación de umbral observada entre So-No y S180-No. No se han encontrado indicios respecto a la determinación de valores de más de 13 dB ni reportado correlaciones patológicas respecto a estas determinaciones. Para las mediciones menores de 7 dB se establecen correlaciones con daño en la región protuberancial del tallo cerebral. La fisiología implícita en el procedimiento para lograr la MLD hace que esta prueba se interprete como un análisis temporal de binauralidad y de localización, ambos mecanismos son fundamentales para los procesos centrales de la audición.

Chermak, Musiek y Craig¹⁹ han propuesto la delimitación de los índices de normalidad para las diferentes pruebas conductuales en TPAC como es la MLD. Para este fin, proponen usar el promedio de los valores generados por los sujetos normales, más o menos dos desviaciones estándar. Sin embargo, debe considerarse que en las pruebas psicoacústicas se usa sólo el valor promedio menos las desviaciones estándar, ya que el valor superior no se utiliza como criterio de anormalidad. Probablemente por extensión de este procedimiento es que tratándose de la MLD, se identifica un rango de normalidad que es variable dentro de ciertos límites entre los autores, pero de la misma forma, sólo ha venido usándose el valor inferior como significativo de alteración en esta prueba.

Procedimiento

La prueba MLD binaural forma parte del menú de programas básicos de algunos audiómetros comerciales (por ejemplo del audíometro Amplaid 460). El programa del equipo realiza automáticamente el cambio entre las cuatro variaciones de la MLD: So-No; S180-No; N180-So para retornar a So-No en un tiempo aproximado de cinco minutos.

Previa audiometría tonal, se inicia el procedimiento con la señal de 500 Hz en tono continuo y el ruido blanco

a 50 dB sobre el umbral individual obtenido para 1 KHz cuando hay diferencia de 5 a 10 dB en los umbrales para 1 KHz entre el oído derecho y el izquierdo del audiograma tonal convencional, para la vía aérea se toma como umbral de referencia el umbral de mayor valor para esa frecuencia.

Al sujeto en estudio se le explica el procedimiento de la prueba en los siguientes términos: "consiste en la aplicación de dos estímulos. Se imita la apariencia sonora del ruido blanco al que no debe hacer caso y la presencia del tono, similar a un silbato, como estímulo blanco. La audibilidad del estímulo continuo de 500 Hz (estímulo tonal) obliga al paciente a oprimir la señal de mano, con lo que se inicia la atenuación del mismo, hasta perder su audibilidad, momento en que el sujeto en prueba debe soltar el botón del señalador de mano". Durante la prueba se registra, se mide y se aplica una sustracción entre los cambios de la modalidad diótica (So-No) a la dicótica (S180-No).

Se obtiene un gráfico en pantalla, el cual es impreso, en el que se cuantifican las condiciones y diferencias de So-No, S180-No, motivo del presente estudio, para concluir con So-N180 y So-No que no se cuantifican.

Para obtener el valor So-No menos S180-No se consideran los valores pico del trazo, similar al audiograma continuo de Békésy. El promedio de la mitad de los picos últimos de So-No en relación con el promedio de la primera mitad de S180-No. El primer valor, generalmente mayor correspondiente a So-No, se usa para sustraer el segundo valor correspondiente a S180-No y generalmente menor. Lo anterior con el propósito de eliminar algunos artefactos iniciales del trazo So-No. El resultado se expresa en dB (nivel de audición, por sus siglas en Inglés HL, *hearing level*), correspondiente a la diferencia de umbrales entre las dos condiciones estudiadas.

Instrumentos

La prueba se realiza en cámara sonoamortiguada. Algunos audiómetros comerciales forman parte del menú disponible (por ejemplo Ampliad 460), se usan los audífonos específicos (Telephonics, TDH 49 D) y una señal de mano conectada al sistema. En audiómetros de modelo reciente como el Equinox es posible instrumentar la prueba con un programa especial que contiene la prueba MLD. Ésta sin embargo tiene un diseño diferente, ya que en este modelo no es posible aplicar el ruido blanco, este equipo está instrumentado para uso con enmascarador de banda estrecha; por lo cual es posible el cambio de So-No a S180-No y también hacia So-No, la frecuencia de prueba puede mantenerse como en el equipo anterior en 500 Hz.

En procedimientos experimentales, Buss y cols. en 2007²⁰ usaron enmascarador de banda estrecha simultáneo a 500 y 2,000 Hz como tono de prueba. En este estudio se identificaron variaciones individuales en sujetos con audición normal, aplicando tonos de corta y larga duración, en individuos buenos o malos escuchas para la audición binaural y concluyeron que la resolución temporal no parece ser el factor predominante que contribuye a la diferencia en S180-No con enmascarador de banda estrecha. Las variaciones fueron explicadas con base en los valles o las prominencias de las envolventes del enmascarador de banda estrecha, por lo menos para 500 Hz. Estas aportaciones a las modificaciones específicas a la duración del estímulo, el cambio en el tono de prueba y la evaluación de la envolvente del enmascarador de banda estrecha tienen implicaciones en la cuantificación de la MLD en dB y demarcán otros enfoques de la prueba MLD en materia de la fisiología del SNAC.

Evidencias de disfunción de la MLD en esclerosis múltiple (EM)

La información disponible para casos de EM en relación con la aplicación de la MLD, muestra algunas diferencias de umbral entre So-No y S180-No, predominando valores de MLD menores de 7 dB. Es interesante mencionar que Levine y cols. (1994) obtuvieron respuestas anormales de la MLD en menos de 10% de los casos de EM. No obstante, señalan que las lesiones de la protuberancia del tallo cerebral difícilmente pasan desapercibidas en el análisis temporal implícito en varios paradigmas de evaluación del SNAC.²¹ Es conveniente tener presente que la MLD se clasifica como una prueba de análisis temporal de la información central¹⁹ y que la EM es considerada como un síndrome de desincronización por alteraciones en la conducción axonal.

La opinión que ha prevalecido en cuanto a las alteraciones que subyacen a valores anormales de la MLD, indica que esta prueba aporta información de daño por lesiones de áreas integrativas auditivas del tallo cerebral como es frecuente en la región protuberancial.²¹

Tratándose de la EM y considerando la naturaleza heterogénea en la localización de las lesiones, así como la amplia variación de su expresión clínica,²² podrían esperarse grandes variaciones en las mediciones de la MLD, pero a menudo sólo se reportan valores menores de 7 dB en esta enfermedad.

Las observaciones en el retardo del procesamiento de la información en la EM lo relacionan con las dimensiones de las lesiones que generan mayor disrupción en las

vías involucradas en la sustancia blanca, estructura que soporta el procesamiento distribuido en paralelo de la información compleja entre regiones distantes del encéfalo.²²

Nuevas interpretaciones de los resultados de la MLD y del SNAC involucrado

En la bibliografía se reporta un estudio con la MLD a cuatro casos con resección del lóbulo temporal.²³ En este trabajo la mejoría en los aciertos para estímulos verbales se midió porcentualmente y se reporta como dentro de los parámetros del grupo control. No obstante, en una observación detallada de los resultados se aprecia mejor calidad de respuestas en la modalidad S180-No versus So-N180, asimismo tres valores de MLD están hacia abajo de la norma y uno hacia arriba.

Por otra parte, Lynn y cols. estudiaron en 1981 a 26 pacientes con lesiones cerebrales, mesencefálicas y del tallo cerebral, con estímulos verbales, las lesiones más identificables con la MLD fueron las pontomedulares con importante acortamiento de los valores entre cero y 5 dB, pero los investigadores reportaron que las lesiones cerebrales mostraron valores dentro de límites normales.²⁴

En 2004 Wong y Stapells plantearon que a pesar que se dice que la MLD refleja el procesamiento del tallo cerebral, los potenciales provocados auditivos del tallo cerebral (PPATC) y los de latencia media (PPALM) no reflejan este procesamiento y sólo en las ondas N1-P2 de los PPALM mostraron las diferencias de sensibilidad esperadas de la MLD, según reportes anteriores, entre la condición diótica So-No y aquéllas con oposición de fase S180-No o SO-N180, por lo cual proponen que la MLD o es conductual o bien es una prueba psicoacústica que se sustenta en un procesamiento auditivo alto, incluso, de naturaleza cortical. Además, ellos sólo observaron evidencia de relación entre los resultados de la MLD y los potenciales provocados de estado estable (PPAEE) con tasas de estímulo de 7 a 13 Hz y no con la tasa de 80 Hz que exploran el tallo cerebral.²⁵

Wack y cols. reportaron en 2012²⁶ las zonas de activación encefálica observadas al realizar la MLD usando resonancia magnética funcional (fIRM) y por tensión de difusión. Se estudiaron sujetos adultos normooyentes mediante So-No versus S180-No o bien N180-So, más dos variaciones monoaurales derecha o izquierda. Como resultado se observó, frente a expresiones dióticas, dicóticas y por aferencia derecha o izquierda de la MLD, activación de áreas auditivas corticales primarias, del cuerpo calloso, de áreas talámicas y del colículo inferior (CI), entre otras.

Brown y Musiek (2013) continúan afirmando que diversos investigadores reportan que el fenómeno que se

estudia sobre las alteraciones de la MLD se sustenta en agresiones al SNAC por abajo de los niveles correspondientes a la corteza auditiva. Esta afirmación se apoya en que pacientes con lesiones o defectos funcionales corticales aportan valores normales de la MLD, en tanto que pacientes con estas alteraciones en tallo cerebral muestran valores reducidos.²⁷

Gilbert, Shackleton, Krumbholz y Palmer publicaron en 2015 un interesante estudio experimental practicado en Cuyes para identificar el sustrato neural de la MLD en la corteza auditiva. Palmer y otros grupos de trabajo ya habían registrado la actividad de esta prueba en el CI de los animales. Usando la detección de la señal en esta estructura obtuvieron evidencia de respuestas neurales consistentes con la MLD binaural semejante a la de los seres humanos. En esta línea de trabajo se asumió que aun cuando el CI tiene un papel importante en el procesamiento binaural, la percepción auditiva deberá depender en última instancia de la actividad de la corteza. En el modelo de estudio de la MLD en el CI, éste y otros grupos de estudio en la materia observaron que en la mayoría de las neuronas la aplicación de ruido no conducía a una buena respuesta neural, en tanto que la aplicación de señal tonal en SO sí lo lograba; N180 alcanzaba una respuesta reducida y S180 mostraba un decremento en la tasa de disparos neurales. Consideran sin embargo que la respuesta neural para la MLD en la corteza auditiva primaria podría ser diferente. En este caso el modelo experimental que evaluó las respuestas neurales corticales exigió el cambio del anestésico para no alterar las respuestas corticales (uretano). Se expuso la región pseudosilviana y se localizó el área A1 con respuesta a frecuencias bajas. En la detección de la MLD se apreció que la mayoría de las unidades dieron respuesta positiva con umbrales antifásicos de mayor sensibilidad respecto a los homofásicos (37/39). Reportan que muchos de los valores registrados de la MLD fueron mayores que los encontrados en experimentos psicofísicos, 20 unidades neuronales obtuvieron MLD > 20 dB, lo que atribuyeron a la muy baja sensibilidad de los umbrales homofásicos. Cabe señalar que en los registros de CI estas diferencias no fueron tan notables.²⁸

Conclusiones

Para concluir, Palmer (2015) y un grupo de investigadores opinan que hay pocos trabajos que estudian el procesamiento binaural entre el CI y la corteza auditiva. A pesar de ello hemos encontrado en la bibliografía algunos puntos descritos en esta última parte de la revisión

que nos ocupa. Todo ello con el interés de fundamentar una nueva posición respecto a la interpretación de esta prueba. Se describieron los hallazgos de imagen por tractografía y fIRM que expresaron la activación de áreas del encéfalo involucradas en el procesamiento auditivo en forma primaria o asociativa, incluso en regiones del surco del cuerpo calloso o del lóbulo de la ínsula. De la misma forma se analizaron reportes distantes en el tiempo que negaron la expresión de problemas corticales a través de esta prueba, proponiendo una nueva visión respecto a casos anormales para los valores altos, a más dos desviaciones estándar. Otros reportes, desde el punto de vista electrofisiológico, han observado en los potenciales provocados auditivos tardíos (PPAT) la expresión del cambio en la sensibilidad auditiva esperada cuando se modifica el estímulo de la condición homofásica a la antifásica o bien la aplicación de la tasa de presentación del estímulo requerida para un procesamiento auditivo cortical.

Se plantean los trabajos experimentales en cuyes mediante los que se observaron registros de neuronas activas en corteza auditiva primaria bajo la aplicación del estímulo sonoro de la MLD en la membrana timpánica, estos investigadores coinciden con nuestra posición relativa a los valores MLD mayores de 20 dB en algunos casos.

Su requiere realizar investigación que lleve a especificar cuál es el tipo de medición de la MLD obtenido en casos de lesiones corticales del lóbulo temporal o de la corteza auditiva primaria y áreas asociativas. Con base en la revisión que hemos descrito, nosotros proponemos la hipótesis de que podrá detectarse la MLD con valores mayores respecto al rango de normalidad determinado.

Conflictos de intereses

Los autores de este estudio declaramos no estar involucrados en conflicto alguno de intereses.

REFERENCIAS

- American Speech-Language-Hearing Association. (Central) auditory processing disorders-the role of the audiologist [Position Statement]. 2005 [Consultado el 4 de octubre de 2015]. Available in: <http://www.asha.org/policy/PS2005-00114/>
- British Society of Audiology. Position statement. Auditory processing disorder (APD). 2011 [Consultado 5 de octubre de 2015]. Available in: http://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2014/04/BSA_APD_PositionPaper_31March11_FINAL.pdf
- Olivares-García MR, Peñaloza-López YR, García-Pedroza F, Pérez-Ruiz JS, Uribe-Escamilla R, Jiménez-de la Sancha S. Identificación de la lateralidad auditiva con una prueba nueva dicótica con dígitos en español y de la lateralidad somática. *Rev Neurol.* 2005; 41: 198-205.
- American Academy of Audiology Clinical Practice Guidelines. *Guidelines for the diagnosis, treatment and management of children and adults with central auditory processing disorder*. Available in: <http://audiology-web.s3.amazonaws.com/migrated/CAPD%20Guidelines%208-2010>.
- Licklider JCR. The influence of interaural phase relations upon the masking of speech by white noise. *J Acoust Soc Am.* 1948; 20: 150-159.
- Murray JC, Erwin H, Wermter S. Robotic sound-source localization architecture using cross-correlation and recurrent neural networks. *Neural Networks.* 2009; 22: 173-189.
- Dernstein LR, Trahiotis C. The effects of signal duration on NoSo thresholds at 500 Hz and 4 KHz. *J Acoust Acad Audiol.* 1999; 105: 1776-1783.
- Wilson RH, Moncrieff DW, Townsend EA, Pillion AL. Development of a 500 Hz masking-level difference protocol for clinic use. *J Am Acad Audiol.* 2003; 14 (1): 1-8.
- Grose JH, Poth EA, Peters RW. Masking level differences for tones and speech in elderly listeners with relatively normal audiograms. *J Speech Hear Res.* 1994; 37: 422-428.
- Fitzpatrick D, Kuwada S, Batra R. Neural sensitivity to interaural time differences: beyond the Jeffress model. *J Neurosci.* 2000; 20 (4): 1605-1615.
- Studebaker G. Auditory masking. En: Jerger J (editors). *Modern developments in audiology*. E.U.A: Academic Press, NY; 1973. p. 134-154.
- Quaranta A, Cervellera G. Masking level differences for cochlear nervous system diseases. *Arch Otolaryng.* 1977; 103: 482-484.
- Olsen W, Noffsinger D. Masking level differences for cochlear and brain stem lesions. *Ann Otol.* 1976; 85: 820-825.
- Hall JW 3rd, Grose JH, Dev MB, Ghiaissi S. The effect of masker interaural time delay on the masking level difference in children with history of normal hearing or history of otitis media with effusion. *Ear Hear.* 1998; 19: 429-433.
- Roush J, Tait CA. Binaural fusion, masking level differences and auditory brain stem responses in children with language-learning disabilities. *Ear Hear.* 1984; 5: 37-41.
- Kramer MB, Green D, Guitar B. A comparison of stutterers and non stutterers on masking level differences and synthetic sentences identification task. *J Commun Disorders.* 1987; 20: 379-390.
- Novak RE, Anderson CV. Differentiation of types of presbyacusis using level differences. *J Speech Hear Res.* 1982; 25: 504-508.
- Palmer AR, Jiang D, McAlpine D. Neural responses in the inferior colliculus to binaural masking level differences created by inverting the noise in one ear. *J Neurophysiol.* 2000; 84: 844-852.
- Chermak G, Musiek F, Higuchi-Craig C. *Central auditory processing disorders. New perspectives*. United States: Ed Singular Press; 1997.
- Buss E, Hall J, Grose J. Individual differences in the masking level difference with a narrowband masker at 500 or 2000 Hz. *J Acoust Soc Am.* 2007; 121: 411-419.
- Levine RA, Gardner JC, Fullerton BC, Stufflebeam SM, Furst M, Rosen BR. Multiple sclerosis lesions of the auditory pons are not silent. *Brain.* 1994; 117: 1127-1141.
- Snyder PJ, Cappelleri JC. Information processing speed deficits may be better correlated with the extent of white matter sclerotic lesions in multiple sclerosis than previously suspected. *Brain Cogn.* 2001; 46: 279-284.
- Cullen J, Thompson C. Masking release for speech in subjects with temporal lobe resections. *Arch Otolaryngol.* 1974; 100: 113-116.
- Lynn G, Gilroy J, Taylor P, Leisser R. Binaural masking level differences in neurological disorders. *Arch Otolaryngol.* 1981; 107: 357-362.
- Wong WY, Stapella DR. Brain stem and cortical mechanisms underlying the binaural masking level difference in humans:

- an auditory steady-state response study. *Ear Hear.* 2004; 25: 57-67.
26. Wack D, Cox JL, Schirida CV, Magnano CR, Sussman JE, Henderson D et al. Functional anatomy of the masking level difference, an fMRI study. *PLoS One.* 2012; 7: e41263.
27. Brown M, Musiek F. The fundamentals of MLD for assessing auditory function. *Hearing J Pathways.* 2013; 66: 16-17.
28. Gilbert H, Shackleton T, Krumbholz K, Palmer A. The neural substrate for binaural masking level differences in the auditory cortex. *J Neurosci.* 2015; 35: 209-220.

Correspondencia:

Yolanda Rebeca Peñaloza-López

Av. México-Xochimilco Núm. 289,
Col. Arenal de Guadalupe, C.P.14389,
Del. Tlalpan, Distrito Federal.
Torre de investigación piso 1.
División Neurociencias.
Área Procesos Centrales de la Audición.
Tel: 59 99 10 00, ext. 19 206
E-mail: yolandapenaloza@hotmail.com