

AUDIOMETRIA MICROFONICO COCLEAR

Nueva prueba auditiva para el diagnóstico objetivo de la sordera

JOAQUIN POCH-BROT⁰¹, FRANCISCO CARRICONDO^{02'3}, BEATRIZ BHATHAL¹,
MARI-CRUZ IGLESIAS¹, JULIO LÓPEZ-MOYA⁴, FERNANDO RODRÍGUEZ¹,
JULIO SANJUÁN 5 & PABLO GIL-LOYZAGA 3

1 ENT Service y 2 Biomédica Research Fundación de la Hospital Clínico San Carlos, 3 Laboratorio de Neurobiología de la Facultad de Medicina, Complutense University, 4 ENT Servicio, Hospital Severo Ochoa, Leganés y 5 Servicio de Fonoaudiología, Hospital Ramón y Cajal, Madrid, España.

RESUMEN

Conclusiones.

Las pruebas audiométricas objetivas podrían constituir un valor para la detección de la sordera. Podrían ser especialmente útiles en niños (screening universal de audición de recién nacidos) y pacientes no colaborativos, que son candidatos especialmente difíciles para audiometría clásica. La técnica de audiometría microfónica coclear (AMC) ofrece la posibilidad de obtener perfiles audiométricos objetivos, altamente correlacionados con los obtenidos por audiometría subjetiva (AS). Por lo tanto, el CMA puede utilizarse como una prueba para obtener el perfil audiométrico de estos pacientes.

Objetivo. El propósito principal del presente estudio es demostrar que LA AMC proporciona perfiles audiométricos objetivos al evitar la participación activa del Paciente.

Se utilizó equipo específico para AMC, mejorado para el registro no invasivo de los potenciales microfónicos cocleares. Esta herramienta presenta las grabaciones obtenidas como el audiograma clásico. La verificación del método se llevó a cabo en pacientes adultos mediante la comparación de los perfiles audiométricos (AS) con los perfiles audiométricos AMC obtenidos para cada paciente.

Resultados.

Nuestros hallazgos mostraron que los perfiles audiométricos obtenidos por CM están altamente correlacionados, sin diferencias estadísticas, con los obtenidos con AS. Más del 81% de los pacientes explorados (91,67% a 250 Hz) presentaron diferencias por debajo de los 10 dB (HL) en las pruebas en todas las frecuencias de

exploración, mientras que un número bajo de casos presentó diferencias por encima de 20 dB (HL).

Palabras clave: Sordera, determinación precoz auditiva, potencial microfónico coclear, audiometría de tonos puros, electrofisiología auditiva.

Abreviaturas: AMC Audiometría microfónico coclear. AS Audiometría subjetiva.

INTRODUCCION

El diagnóstico **precoz** de la sordera es muy relevante debido a las consecuencias de la pérdida auditiva para las habilidades de lenguaje. Los tratamientos actuales, es decir, los audífonos y los implantes cocleares, han llevado a una rehabilitación significativa de las deficiencias auditivas. Estos tratamientos son especialmente útiles después de un diagnóstico correcto de la sordera. Los métodos y equipos utilizados en el diagnóstico deben ser mejorados especialmente para niños y neonatos. De hecho, la prueba universal de audición neonatal es el mejor método para la detección temprana de la deficiencia auditiva. La detección temprana de la sordera mejora la rehabilitación de las destrezas del lenguaje y la comunicación

Hasta la fecha, el estudio de la función auditiva en la audiolología clínica se ha basado principalmente en cuatro pruebas auditivas: audiometría de tono puro (AS), emisiones otoacústicas evocadas transitorias (EOE), registros del potencial evocado auditivo del tronco encefálico (SSEP). MCE muestra el comportamiento de toda la vía auditiva; Pero un cierto nivel de subjetividad, causado por la participación activa del paciente y la del operador (4,5)

Esta subjetividad reduce la efectividad en algunos pacientes (por ejemplo, neonatos y niños pequeños y pacientes con consideraciones psiquiátricas y de otro tipo.

Pruebas objetivas de audición - TEOAE, BAEP y SSEP proveen información objetiva centrada en una estructura de vía auditiva. Las TEOA. Proporcionan una medida indirecta de la actividad fisiológica de las células ciliadas externas de la cóclea (OHC). Los PEAP y las PSEE son registros neurofisiológicos de diferentes porciones de las vías neuronales auditivas. La evaluación audiológica podría ser más precisa si las pruebas auditivas también pudieran incluir el análisis directo de la fisiología de las células ciliadas del órgano de Corti. El presente estudio se centra en la audiometría microfónica coclear (AMC), una prueba audiológica recientemente mejorada. La AMC fue diseñada para obtener perfiles ~~audiométricos objetivos basados en grabaciones de potenciales microfónicos~~

cocleares (PMC). Esta prueba puede ser utilizada como una alternativa también para definir objetivamente las capacidades audiológicas de los pacientes.

El presente estudio se centra en la comparación entre los datos audiométricos obtenidos de la técnica AMC y los obtenidos de la AS como un método de prueba auditiva de control.

Instrumentación audiométrica empleada.

Se utilizó el equipo electrofisiológico AMC (MC / 04, Electrónica General Española S.L., España), basado en el registro de las CCE. Este dispositivo es la evolución más reciente del equipo de grabación AMC descrito anteriormente (6-8). El equipo AS (Audio test 340, Interacoustics, Dinamarca) fue el que se utilizó en la práctica diaria para las pruebas de audiometría realizadas por el Servicio ENT

Pacientes de estudiados

El estudio se realizó en los Servicios de ENT de tres hospitales de Madrid, España: el Hospital Clínico San Carlos, el Hospital Ramón y Caja, y el Hospital Severo Ochoa. Se recogieron datos de 20 pacientes adultos ($n = 40$ oídos) de cada hospital (muestra = 60 pacientes, 40 mujeres y 20 hombres, equivalentes a 120 oídos). Los pacientes fueron seleccionados aleatoriamente entre los que asisten actualmente a la consulta de audiología en el Servicio ORL, durante un período seleccionado al azar en el año. Todos los participantes fueron informados sobre la prueba y sus características. Para cada paciente se realizaron pruebas de audición, primero AS y luego AMC. En todos los casos, el equipo AMC fue manejado por la misma persona, mientras que las unidades AS fueron operadas por el personal correspondiente de cada hospital. Los resultados de las pruebas audiométricas no fueron compartidos entre los operadores de los diferentes tipos de equipos de prueba. Tiempo de la AMC llevo 15-20 min para cada paciente (dos oídos). La selección anterior mostró que el 47,5% de los pacientes estaban afectados por hipoacusia conductiva, y que el 42,5% de los pacientes presentaban hipoacusia neuro sensorial y el 10% mostraba patrones en AS de normoacusia.

AMC base técnica y método.

El AMS se basó en el método de registro AMC descrito anteriormente (3). Se ha agregado un nuevo software como una mejora al registro de AMC. El equipo de AMC comprende básicamente dos unidades: el generador de estímulos y la unidad de control y la unidad de grabación que registra, amplifica y promedia las señales

electrofisiológicas. Estas dos unidades están conectadas a un ordenador central provisto de software que controla todo el proceso se llevó a cabo con el paciente acostado. Se aplicaron tres electrodos superficiales colocados detrás del pabellón auditivo sobre mastoides dos electrodos, uno a cada lado y en el centro de la frente del paciente. Como de costumbre para los registros electrofisiológicos, se comprobó la impedancia de la piel y se redujo, cuando fue necesario, mediante limpieza.

Datos brutos de ambas técnicas (Figuras 1 y 2) y la distribución de las diferencias para cada frecuencia de exploración(3) demostraron que las diferencias entre las pruebas son, inferiores a 10 dB (HL). El método de Bland-Altman [9], utilizado con frecuencia para comparar dos técnicas de medición diferentes, mostró que ambas técnicas dieron datos similares (Figura 2]. La mayoría de las diferencias son de rango ± 1 SD que corresponde aproximadamente ± 10 dB Los tres electrodos se conectaron a una etapa de amplificador diferencial que pre-filtra la grabación en el rango de frecuencia de estimulación, que comprenden de 250 a 4.000 HZ mediante filtros de paso de banda.

Es necesario un filtrado adicional de la señal. La propiedad principal de los microfónicos cocleares es la copia de la frecuencia del estímulo. En consecuencia la mejor manera de obtener el MC es la del rechazo de todas las perturbaciones fuera de la señal del estímulo empleado.

Posteriormente esta señal filtrada electrobilógica se promedió para obtener el registro final. Es importante observar que, para evitar el ruido de fondo de las ondas de inducción del altavoz de estimulación, sólo se promediaron las señales en fase con los estímulos de sonido. El procesamiento promedio se detuvo cuando el software obtuvo una representación de potenciales microfónicos estable y los datos de umbral se llevaron al diagrama audiométrico clínico habitual.

Se utilizaron frecuencias (250, 500, 1000 ~ 2000 y 4000 Hz) como estímulos. El estímulo fue transmitido al canal auditivo externo a través de un tubo acústico provisto de un adaptador auricular terminal. La calibración de la intensidad de los estímulos sonoros se realizó utilizando un sonómetro (modelo Brüel & Kjaer 2607) con la sonda en una cavidad artificial de 2 cm²

Análisis de los datos

El estudio estadístico de los datos obtenidos se basó en dos pruebas no paramétricas, una prueba de Friedman para mediciones repetidas y una prueba de rangos firmados de Wikoxon para medidas de pares emparejados. Métodos cualitativos también se utilizaron, como Bland-Altman plocs y doc tramas, para estudiar la distribución de las diferencias de ambas medidas. El método de Bland-Altman [9] permite la comparación de ambas pruebas de registro, analizando la exactitud de los resultados comparando el promedio de los resultados de ambas pruebas en el eje X con su diferencia en el eje Y. Se utilizaron gráficos de puntos para comparar los resultados obtenidos con ambos métodos (umbrales CMA en el eje X con los umbrales PTA en el eje Y) combinados con una línea de regresión para evaluar la confianza de ambas medidas.

Resultados

Los resultados obtenidos en las pruebas de audición de PTA y CMA fueron estadísticamente similares. Ninguna de las pruebas no paramétricas realizadas mostró diferencias significativas entre las medidas obtenidas con ambas pruebas auditivas. Sin embargo, para calificar las diferencias no significativas en las pruebas de berwecn, los datos brutos obtenidos con PTA y CMA se trazaron en diferentes gráficos.

Comparando los umbrales auditivos obtenidos de CMA (eje X) vs PTA (eje Y) (Figura 1), la distribución de la nube de puntos a lo largo de las cinco frecuencias de exploración se distribuyó estrechamente alrededor de la diferencia nula entre las pruebas, en un rango de ± 20 dB (HL). Por otra parte, la línea de regresión obtenida de la nube de puntos estuvo cerca de la diferencia nula de las parcelas para todas las frecuencias estudiadas.

Cuando daca fueron Bland-Altman trazado (Figura 2]

Para comparar los resultados de PTA y CMA, se observó una alta correlación entre ellos. La media de las diferencias fue de - 0,6, trazando el ± 1 DE y ± 2 líneas SD y considerando que el rango ± 2 SD tiene el 95% de la muestra. La gráfica de dispersión mostró una amplia distribución de datos en el intervalo ± 1 SD.

Un alto porcentaje de los pacientes (Figura 3) mostró diferencias por debajo de 10 dB (HL), entre 91,67% a 250 Hz y 81,7% a 4000 Hz

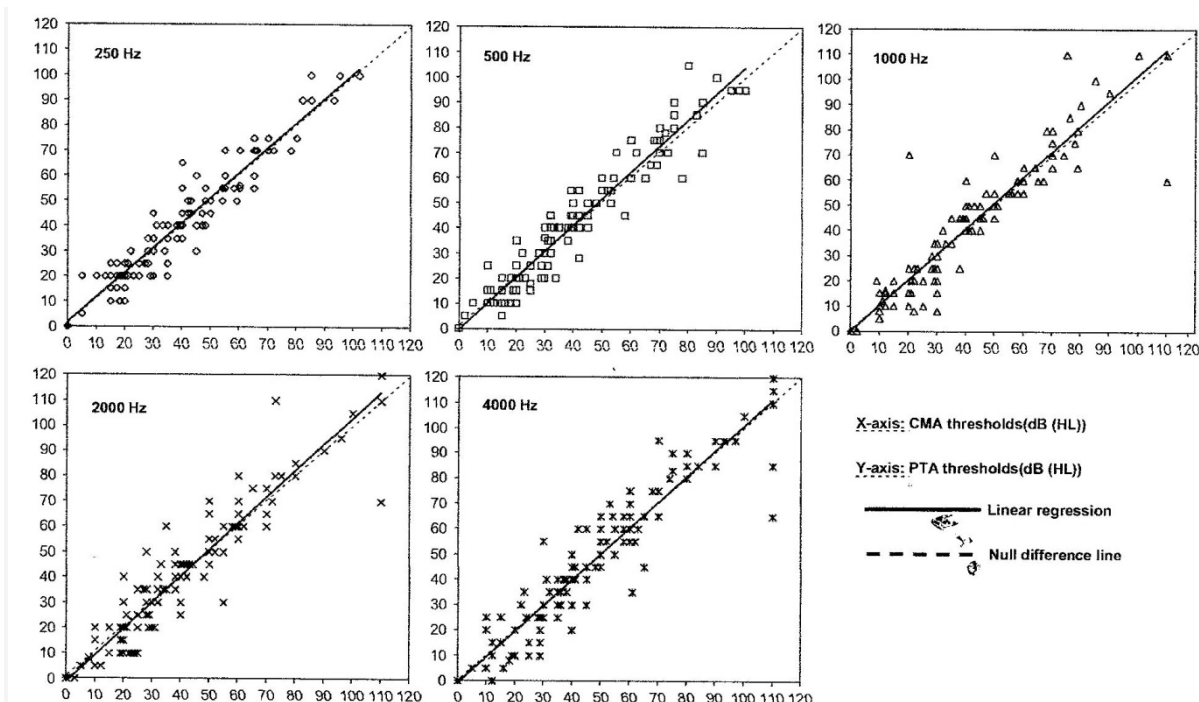


Figura 1. Parcelas de puntos que comparan los umbrales auditivos obtenidos con C.M.A (eje X) y P.T.A (eje Y) para cada frecuencia de exploración. La línea de regresión de la nube de puntos está cerca de la línea media de diferencia nula en todas las frecuencias de exploración. La mayoría de los casos examinados mostraron diferencias entre las pruebas inferiores a 10 dB (HL)

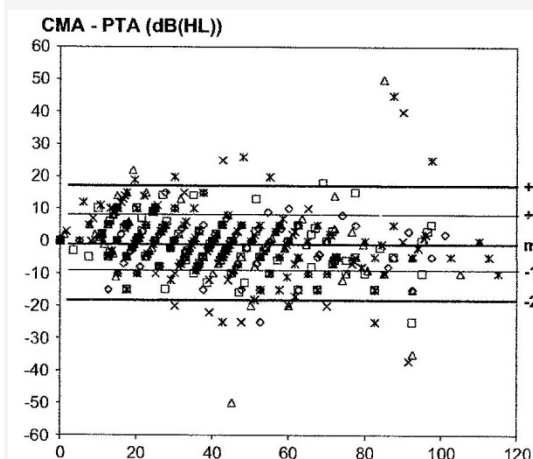


Fig.2

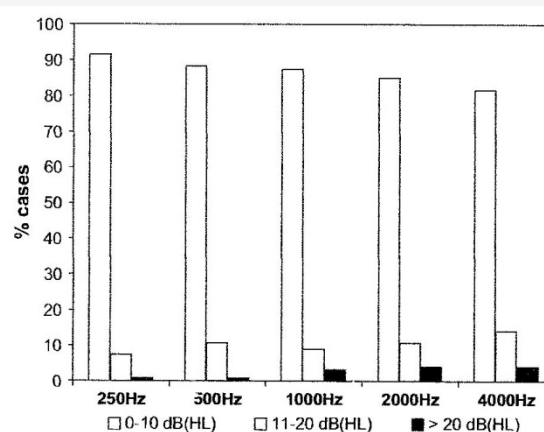


Fig. 3

Figura 2. Gráfico de Bland-Altman que compara ambos métodos de medición. Cada punto de la gráfica representa el promedio de ambas mediciones (CMA y PTA) frente a su diferencia (CMA-PTA). Los resultados mostraron una exacta distribución dentro ± 1 DE alrededor del promedio de la muestra que demuestra una buena correlación cualitativa entre C.I.V.A y P.T.A audiométricos pro archivos.

Un bajo porcentaje de los pacientes mostró diferencias en el rango de 10-20 dB

(HL) (de 7,5% a 250 Hz a 14,17% a 4000 Hz) y un número discreto de casos

mostró diferencias mayores de 20 dB (HL) (de 0,83% a 250 Hz a 4,17% a 4000 Hz).

Los promedios y el SD de los resultados obtenidos de cada frecuencia de exploración se representaron en un audiograma clásico (Figura 4) que proporciona una visión más fácil de usar del comportamiento de ambos conjuntos de datos de la

prueba auditiva. Los resultados mostraron la correlación total entre los promedios obtenidos en ambas pruebas, PTA y CMA, con sus respectivas SD, sin diferencias estadísticamente significativas.

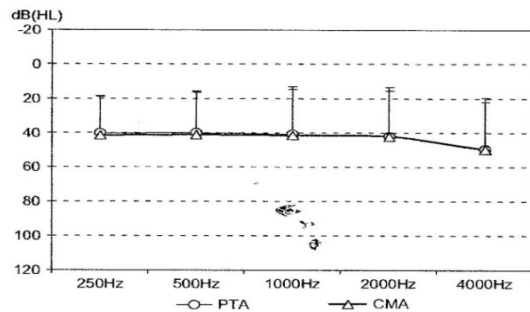


Figure 4. Audiometry plot with the averaged results (with SD error bars) of the CMA and PTA tests. The distribution of the averaged auditory thresholds obtained with both CMA and PTA hearing tests are almost equivalent, without any statistically significant difference between them in any exploration frequency.

En este artículo se presenta una técnica actualizada de audición y un dispositivo para registrar el CMA. Este dispositivo se basa en una evaluación de la fisiología coclear de las OHC del órgano de Corti. Este hecho permite una evaluación objetiva del estado de audición de los pacientes.

Se ha considerado clásicamente que los CMP pueden observarse en las grabaciones ECOG, pero, en esa situación, la CMP carecen de utilidad clínica debido a su bajo potencial derivado. Sin embargo, el registro de CMP tiene algunas aplicaciones [10,13,14] incluyendo el monitoreo quirúrgico de la implantación coclear [15]. Grabación específica de CMP, con electrodos atraumáticos (6, 8, 16) Estos estudios muestran la posibilidad de un estudio directo de la CMP, ya que la actividad fisiológica de las CCE es esencial en el proceso auditivo dado su implicación activa en la CMP Micro mecánica coclear.

La técnica CMA permite la adquisición de perfiles audiométricos objetivos basados en la evaluación de la fisiología de las OHC cocleares mediante el registro de la CMP. En el presente estudio CMA se comparó con la clásica PTA, porque PTA es la más ampliamente realizada y aceptada prueba de audición [4, 5]. La PTA tiene una limitación muy importante, es decir, la colaboración del paciente, que limita fuertemente su uso en recién nacidos, niños pequeños y otros patrones que no pueden o no quieren colaborar en la prueba.

Los resultados del presente estudio confirman que los perfiles audiométricos obtenidos de los pacientes en este estudio, tanto por técnicas de PTA como de CMA, son muy similares. Estudios de dispersión a partir de la comparación de

los datos brutos de ambas técnicas (Figuras 1 y 2) y la distribución de las diferencias para cada frecuencia de exploración (3) demostraron que las diferencias entre las pruebas están por debajo de 10 dB (HL). El método de Bland-Altman [9], utilizado con frecuencia para comparar dos técnicas de medición diferentes, mostró que ambas técnicas produjeron datos similares (Figura 2]. La mayoría de las diferencias rango ± 1 SD que corresponde aproximadamente $A \pm 10$ dB (HL) (Figura 2). Esto sugiere correlación entre las pruebas con un rango de variación dentro de los límites de confianza, la alta correlación entre CMA y PTA.

Los hallazgos pueden explicarse por la consideración de que un elevado número de casos de hipoacusia o sordera son, etiológicamente, conductivos o cocleares en lugar de hipoacusia retrococlear. Aportaciones anteriores corroboran la equidad entre la audiometría subjetiva y la microfónico coclear (16)

Resultado esperado dado el origen del registro de la audiometría microfónico coclear dentro de la actividad fisiológica de las CCE de la cóclea.

La fisiología coclear también puede explorarse por medio de otras técnicas. Por lo tanto, la fisiología de las células ciliadas internas acopladas a sus correspondientes neuronas aferentes de tipo I puede analizarse a partir del registro del potencial de acción compuesto (CAP) nervio. Por el contrario, la fisiología de las OHC puede evaluarse mediante el registro CMP. Hay pocas aplicaciones clínicas de la CAP obtenido por medio de electrococleografía (ECOG), la evaluación de la enfermedad de Ménière (10,11) o el diagnóstico de neuropatía auditiva (12), por ejemplo, ya que un electrodo transtimpánico colocado cerca del promontorio coclear es necesario para su registro.

Se ha considerado clásicamente que la CMP puede observarse en las grabaciones ECOG, pero, en esa situación, la CMP carece de utilidad clínica debido a su bajo potencial derivado. Sin embargo, el registro de CMP tiene algunas aplicaciones (10,13,14) incluyendo el monitoreo quirúrgico de la implantación coclear (6, 8, 16) Estos estudios muestran la posibilidad de un análisis directo de la CMP, ya que la actividad fisiológica de las CCE es esencial en el proceso auditivo dado su implicación activa en la CMP micro mecánica coclear.

La técnica CMA permite la adquisición de perfiles audiométricos objetivos basados en la evaluación de la fisiología de las OHC cocleares mediante el registro de la CMP. En el presente estudio, CMA se comparó con la clásica PTA, porque PTA es la más ampliamente realizada y aceptada prueba de audición [4, 5]. La PTA tiene una limitación muy importante, es decir, la colaboración del paciente, que limita fuertemente su uso en recién nacidos, niños pequeños y otros patrones que no

pueden o no quieren colaborar en la prueba.

Los perfiles audiométricos obtenidos de los pacientes en este estudio, tanto en técnicas de PTA como de CMA, son en general muy similares. Estudios de dispersión a partir de la comparación de los d (HL) (Figura 2). Esto sugiere correlación dentro de los límites de confianza. La alta correlación entre CMA y PTA en el estudio pueden explicarse por la consideración de que un elevado número de casos de hipoacusia o sordera son, etiológicamente, conductivos o sensor neurales en lugar de hipoacusia retrococlear. Estudios anteriores [16] han demostrado que las diferencias entre CMA y PTA son un poco más altas en pacientes con sordera conductiva que en aquellos con sordera neuronal.

La técnica CMA permite la adquisición de perfiles audiométricos objetivos basados en la evaluación de la fisiología de las OHC cocleares mediante el registro de la CMP. En el presente estudio CMA se comparó con la clásica PTA por ser la más ampliamente realizada y aceptada como prueba de audición [4, 5]. La PTA tiene una limitación muy importante, es decir, la colaboración del paciente, que limita fuertemente su uso en recién nacidos, niños pequeños y otros patrones que no pueden o no quieren colaborar en la prueba.

Los resultados del presente estudio confirman que los perfiles audiométricos obtenidos de los pacientes, estudiados tanto por técnicas de PTA como de CMA, son en general muy similares

Estudios de dispersión a partir de la comparación de los datos brutos de ambas técnicas (Figuras 1 y 2) y la distribución de las diferencias para cada frecuencia de exploración (3) demostraron que las diferencias entre las pruebas son inferiores a 10 dB (HL). El método de Bland-Altman [9], utilizado con frecuencia para comparar dos técnicas de medición diferentes, mostró que ambas técnicas produjeron datos similares (Figura 2]. La mayoría de las diferencias

El rango ± 1 SD que corresponde aproximadamente

A ± 10 dB (HL) (Figura 2). Esto sugiere correlación entre las pruebas con un rango de variación dentro de los límites de confianza. Los hallazgos pueden explicarse por que un elevado número de casos de hipoacusia o sordera son, etiológicamente, conductivos o sensor neurales en lugar de hipoacusia retrococlear. Estudios anteriores [16] han demostrado que las diferencias entre CMA y PTA son poco más acusadas en pacientes con sordera conductiva que en aquellos con sordera neuronal. Este es un resultado esperado dado el origen del registro CMA en la actividad fisiológica de las CCE de la cóclea.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Profesora Pilar Zuluaga (Departamento de Bioestadística de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid) por su valioso apoyo en el análisis estadístico y al Sr. David Gil Pérez por sus críticas al manuscrito. Asimismo, reconocemos al personal del Servicio de ENT y al personal directivo de los hospitales que acogieron este estudio (Hospital Clínico San Carlos, Hospital Severo Ochoa y Hospital Ramón y Cajal, Madrid).

Referencias.

[1] Sininger YS. Evaluación audiológica en lactantes. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg 2003; 11: 378 - 82.

(2) Declau F, Doyen A, Robillard T, de Varebekc SJ. Prueba de audición universal. BENT 2005, Supl. 1: 16-21.

[3] Wrightson AS. Prueba auditiva universal para recién nacidos. A.m Fam Physician 2007; 75: 1349 - 522.

(4) Griffiths TD Patologías auditivas centrales Br Med Bull 2002; 63: 1 07-20.

[5] Lemkens N, Vermeire K, BrokxJP, Fransen E., Van Camp G., Van De Heyning PH. Inrerpretación de los umbrales de tono puro en la pérdida auditiva neurosensorial (SNHL): revisión de La variabilidad de la medición y las referencias específicas de la edad. Acta Otorhinolaryngol Belg 2002; 56: 341 - 52.

6] Gavilán C, Sanjuán J. Potencial microfónico captado de la membrana timpánica humana. Ann Oto! Rhinol Laryngol 1964; 73: 102-9.

[7] Sanjuán J. Estudio de la audición en prematuros. Microfonicos cocleares evocados. Acta Otorrinolaringol Esp 1998; 49: 525 - 31.

- (8) Carricondo F, Gil-Loyzaga P, Sanjuáu-Juaristi J, Pocc-Broto J. Potenciales microfónicos cocleares: un nuevo recambio de grabación. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2001; 110: 565 - 73.
- [9] Bland JM, Alunan DG. Métodos estadísticos para evaluar el acuerdo entre dos métodos de medición clínica. *Lancet* 1986; 1: 307-10.
- [10] Ge X, Shea JIJr. Electrocoqueografía transtimpánica. *Otol Neurotol* 2002; 23: 799 ~ 05.
- [11] Ferrari JA, Durrant JD. Electrocoqueografía en la evaluación de pacientes con enfermedad de Meniere *J Am Acad Audiol* 2006; 17: 45 - 68.
- (12) Santarelli R, Arslan E. Electrocoqueografía en neuropatía auditiva *Hear Res* 2002; 170: 32-47.
- [13] Noguchi Y, Komatsuzaki A, Nishida H. Microfonia coclear para la preservación Auditiva en cirugía de schwannoma vestibular, *Laryngoscope* 1999; 109: 1982-7.
- [14] Santarelli R, Scimemi P, Dal Monte E, Genovese E, Arslan E. Neuropatía auditiva en la esclerosis sistémica: estudio de la percepción del habla y del potencial evocado antes y después de la implantación coclear. *Eur Arch.*
- [15] Adunka O, Roush P, Grose J, Macpherson C, Buchman CA. Seguimiento de la función coclear durante la implantación coclear. *Laryngoscope* 2006; 116: 1017 - 20.
- (16) SanjuanJuaristi J. Audiometria convencional comparada con La audiometria microfonicococlear. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2007; 58: 143 - 50.
- 17) Pessin AB, Martins RH, Pimenta Wde P, Siméies AC, Marsella A, Amaral AV Evaluación auditiva en pacientes Con diabetes tipo 1. *Ann Orol Rhinol Laryngol* 2008; 117: 366-70.
- [18] Muluk NB, Birol A. Efectos de la enfermedad de Behcer sobre los umbrales auditivos y emisiones otoacústicas evocadas ransientas. *J Otolaryngol* 2007; 36: 220 – 6

COMENTARIO

Incluimos este artículo especialmente por sus colaboradores. Tenemos al Profesor y Catedrático de ORL Joaquín Poch-Broto y a nuestro amigo Dr. Pablo Gil-Loyzaga Catedrático y Jefe de Servicio de Electrofisiología Auditiva de la Universidad Complutense, con el que lamentablemente ya no podemos contar. Seguimos participando en su servicio dirigido actualmente por el Dr. Francisco Carricondo, mano derecha de Gil-Loyzaga, el cual realizó parte de su tesis doctoral con el estudio de los microfónicos cocleares.

Continuamos con su amistad y colaboración

