



PPATC Y EOAT en infantes de 9 a 24 meses posteriores al screening neonatal

Rebeca Uribe-Escamilla,* Alfonso Alfaro-Rodríguez*

* Laboratorio de Neuroquímica, Instituto Nacional de Rehabilitación.

BAEPs and TEOAEs in infants 9 to 24 months after neonatal screening

RESUMEN

Objetivo. Demostrar la utilidad de los potenciales provocados auditivos de tallo cerebral (PPATC) y las emisiones otoacústicas transitorias (EOAT), posterior a la realización del screening auditivo. **Material y métodos.** Diseño. Estudio prospectivo, no experimental, transversal. **Método.** Se estudió una población de niños de estancias infantiles en la zona oriente de la ciudad, a los cuales se les realizó el screening auditivo, en aquellos que no aprobaron el screening se repitió 15 días después; si no aprobaban se procedía a la realización de PPATC y EOAT. **Resultados.** Se realizó estadística descriptiva y 80% de los sujetos que no aprobaron el screening auditivo presentaron audición normal por PPATC y 15% presentaron hipoacusia superficial y 5%, hipoacusia media. En las EOAT 47.5% de los sujetos presentaron una reproducibilidad total < 70%. **Conclusiones.** Las EOAT miden el funcionamiento de la cóclea; en específico las células ciliadas externas y los PPATC miden la vía auditiva desde la parte distal del VIII paracraneal hasta el colículo inferior, además que con los potenciales se obtiene un umbral auditivo. De hecho, si se cuenta con el recurso lo mejor es realizar ambos estudios de primera instancia pues se complementan.

Palabras clave: Emisiones otoacústicas, potenciales evocados auditivos, detección temprana de hipoacusia.

ABSTRACT

Objective. Shown the utility of the brainstem evoked potentials and the transitory otoacoustic emissions, after the hearing screening. **Material and methods.** Design: Is a prospective study, non experimental, transversal. **Method:** We use the children of the infantile stance in the Orient zone of the city, to make a hearing screening when probe or no probe the test, the children that no probe the hearing screening 2 times with 15 days of interval we procedure to do a brainstem auditory evoked potentials and transitory otoacoustic emissions. **Results.** Use descriptive statistics founded that the 80% of the subjects present normal hearing with the brainstem auditory evoked potentials and 20% present any type of hearing loss. 47% present in the otoacoustic emissions a total reproducibility < 70%. **Conclusions.** The otoacoustic emissions evaluated the cochlea function, the outer hair cells, and the brainstem auditory evoked potentials evaluated the auditory pathway since the VIII cranial nerve to the inferior colliculus, and then with the evoked potentials we can get the auditory threshold. If we have both is important to do how the first instance both studies there are complementary.

Key words: Brainstem evoked potentials, transitory otoacoustic emissions, hearing screening.

INTRODUCCIÓN

El deterioro auditivo congénito permanente tiene una incidencia de uno a tres por 1,000 recién

nacidos vivos.¹ El diagnóstico temprano es esencial para el tratamiento y rehabilitación temprana, y optimizar la respuesta de los niños sordos en el desarrollo del idioma y habilidades de comunicación. Algunos métodos electrofisiológicos para detectar audición se han utilizado para detectar pérdida auditiva en Europa.²

La pérdida auditiva permanente en la infancia ocurre en dos a cuatro de cada 100 neonatos dados de alta en la Unidad de Cuidados Intensivos, y en uno a tres de cada 1,000 recién nacidos. La pérdida auditiva es el defecto de nacimiento más

Correspondencia:

Dr. Alfonso Alfaro-Rodríguez
Responsable del Departamento de Neurorrehabilitación
Instituto Nacional de Rehabilitación, SS
Av. México-Xochimilco, Núm. 289
Col. Arenal de Guadalupe. C.P. 14389, México, D.F.
Correo electrónico: alfa1360@yahoo.com mx





común y ocurre con mayor frecuencia que otras condiciones en recién nacidos. La pérdida auditiva en los recién nacidos es 100 veces más prevalente que la fenilcetonuria y diez veces más prevalente que el hipotiroidismo. Los estudios han mostrado que una falta auditiva no diagnosticada tiene efectos adversos en el lenguaje del niño, así como en su desarrollo social, emocional, cognoscitivo, académico y profesional. Estas consecuencias negativas se han encontrado en niños de todos los grados de hipoacusia. Las habilidades del idioma y el logro educativo de niños con hipoacusia moderada o severa son deficientes y a menudo se acercan a las encontradas en los niños con pérdida auditiva profunda.³ Dichos estudios ofrecen muchos beneficios por no ser invasivos y por detectar de forma temprana alteraciones auditivas.⁴

La detección temprana de la pérdida auditiva es la meta de programas de búsqueda, de inmediato debe seguir una intervención apropiada para maximizar el desarrollo de habilidades auditivas de habla y lenguaje. El infante que no pasa el screening puede recibir una evaluación audiológica para caracterizar el grado y tipo de pérdida auditiva en cada oído. Para evitar errores, los procesos de evaluación audiológica podrían usarse como una batería de exámenes con chequeos cruzados.⁵

Varios estudios publicados refirieron la utilidad de emisiones otacústicas para proteger a los pacientes de problemas auditivos. Por otro lado, se usaron emisiones otacústicas transitorias con éxito para proteger por defectos auditivos a niños alterados mentalmente, quienes son difíciles de examinar, utilizando exámenes auditivos audiométricos convencionales.⁶

Las emisiones otacústicas (EOAT) son sonidos de origen coclear que se registran por un micrófono dentro del canal auditivo. Los sonidos se deben al movimiento de las células ciliadas sensoriales de la cóclea al responder con vigor a la estimulación auditiva. Las EOAT proporcionan un simple, eficaz y no invasivo indicador objetivo de salud coclear.

Las EOAT son altamente sensibles a la patología coclear y en una frecuencia específica.⁷

La identificación de la respuesta de las EOAT es

archivada por medio de una combinación de inspección visual por métodos estadísticos que incluye la medición de varios parámetros: el examen de reproducibilidad y la señal de ruido de fondo de ambos, la respuesta por banda de frecuencia y de la banda de frecuencia seleccionada.⁸

La función normal de oído medio ante un nivel de estímulo de 80 dB pico equivalentes (peSPL) las EOAT se presentan en 100% de los oídos con niveles auditivos > 30 dB, y están ausentes en todos los oídos con niveles auditivos de 30 dB. En la pérdida auditiva conductiva de ≥ 20 dB disminuyen las EOAT o no se originan como resultado de los cambios en la impedancia del sistema auditivo.⁹

Sin embargo, los signos de EOAT son muy sensibles a pérdidas conductivas menores causadas por el fluido del oído medio y canal auditivo en neonatos, por lo que a veces en las primeras horas después del nacimiento los potenciales auditivos pueden registrarse, no así las EOAT. Desde que los potenciales auditivos son sensibles a ambas patologías (coclear y retrococlear) el examen de potenciales auditivos sería preferible a las emisiones otacústicas para el screening en infantes.⁷

El nervio auditivo y las estructuras del tallo cerebral continúan su desarrollo hasta los 18 o 24 meses después del nacimiento, se manifiesta en un acortamiento gradual de latencias en los potenciales auditivos. Aunque los potenciales auditivos sólo pueden registrarse en respuesta al alto nivel de sonido en neonatos de 27 a 30 semanas de gestación, o algunos días después del término de la misma, también pueden registrarse con estímulos de frecuencias específicas que revelan umbrales de una audición normal. Los potenciales auditivos son una herramienta que evalúan dos aspectos distintos del sistema auditivo.

Ciertos procesos del desarrollo normal pueden estudiarse con los potenciales auditivos: mielinización o procesos anormales, por ejemplo, infantes con compromiso del desarrollo del sistema auditivo, exposición prenatal a drogas como el alcohol, prematuridad, hiperbilirrubinemia, etc. La ausencia de EOAT puede deberse a múltiples causas, desde disfunción del oído medio hasta problemas sensorineu-





rales que ocasionan hipoacusia de algún grado. Es posible que la ausencia de un EOA no se tome como indicación de pérdida auditiva significativa. En contraste, la presencia de EOAT demuestra buena función de las células ciliadas y en general revela que los umbrales auditivos serían $> 30\text{--}40$ dB. Sin embargo, las EOAT no pueden usarse para determinar los umbrales auditivos exactos; la presencia de un EOA solo no puede asegurar que la sensibilidad auditiva sea normal.⁵

Los potenciales auditivos también se conocen como respuestas evocadas auditivas del tallo cerebral. Los potenciales auditivos contienen una serie de cinco crestas que se levantan del nervio auditivo (onda I) y estructuras del tallo cerebral (ondas II a V) cuando responden al estímulo del clic; proporcionan localización de anomalías intracraneales.^{10,11}

Varias condiciones son necesarias para registrar e interpretar con eficacia los eventos biomecánicos desde el oído interno, las EOAT y los potenciales de campo eléctrico de electrodos de superficie localizados en el cuero cabelludo PPATC. Las EOAT requieren de función normal de oído medio y células ciliadas externas intactas. Los PPATC son menos dependientes de una función de oído medio normal y células ciliadas externas intactas; la activación sincrónica de fibras del nervio auditivo en respuesta a estímulos acústicos transitorios, una vía auditiva intacta es necesaria para estimar sensibilidad y monitorización de transmisión neural dentro de la periferia auditiva y tallo cerebral. EOAT y PPATC proporcionan información funcional independiente sobre la integridad de la sensibilidad del sistema auditivo. Una batería de prueba que incluya una combinación de ambas pruebas está bien preparada para su uso en poblaciones pediátricas. También ayuda a delinear el sitio de lesión en desórdenes auditivos.¹²

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos

Se incluyeron 20 sujetos de ambos sexos con edades de entre nueve y 24 meses, procedentes

de estancias infantiles de la zona oriente de la ciudad y enviados al Laboratorio de Neurofisiología del Instituto Nacional de Rehabilitación. Se les realizó el screening auditivo y fueron referidos, ya que el estudio no fue satisfactorio al realizarlo en dos ocasiones con un intervalo de 15 días entre uno y otro.

Los criterios de inclusión para la participación de estos sujetos fue que el screening con emisiones otoacústicas no fuera adecuado, es decir, con sospecha de hipoacusia. De esta forma, se realizaron los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral a los niños y nuevamente las EOAT. Se realizó un análisis estadístico de tipo descriptivo para observar el comportamiento de las aferencias auditivas en ambos estudios.

Instrumentos

- **Potenciales provocados auditivos del tallo cerebral (PPATC).** Los PPATC se obtuvieron en un equipo Nihon Kodan de cuatro canales. Los sitios de los electrodos en el cuero cabelludo incluyeron vértex central (Cz) (referencia), línea media frontal (Fpz) (tierra) y procesos mastoideos (A1 y A2) (activo), respectivamente. La impedancia interelectrodo fue mantenida a 10 kOhms o menos. La actividad electroencefalográfica fue filtrada entre 100 y 3,000 Hz y la ventana de análisis fue de 10 mseg. Los estímulos fueron pulsos presentados a una polaridad eléctrica de rarefacción con audífonos. La cuantificación de la respuesta se realizó en dB SPL, midiendo una latencia absoluta en la punta de la onda V a nivel umbral a 30 db. Los estudios fueron realizados a los participantes de manera individual y sin medicación.
- **Screening auditivo con emisiones otoacústicas.** Se obtuvo con un equipo ECHO-SCREEN Cochlear emissions Screener. SW-Rev.6.82. MADSEN ELECTRONICS, Copenhagen, Denmark. Nivel de estímulo 73 ± 3 dB SPL. Volumen automático. Tasa de repetición: 40....100 Hz. Amplitud de la banda de señal: 1.4 a 4 KHZ.
- **EOAT.** Se obtuvieron con un equipo Otodynamics Ltd; ILO 88 dentro de una cámara so-





no amortiguada; la sonda se colocó en el canal auditivo externo, pulsos rectangulares de 80 useg se presentaron a una tasa de repetición de 50/seg y a una intensidad aproximada de 80 dB SPL (rango de 77-83 dB) y filtros de 500 y 6,000 Hz.

Para el caso de este trabajo sólo se utilizó porcentaje de reproducibilidad total, reproducibilidad por banda de medias octavas y la estabilidad del estímulo, para verificar la correcta colocación de la sonda.

RESULTADOS

Como en la literatura se reporta que no existen diferencias entre sexo e interaurales se decidió unificar las aferencias quedando un total de 40 aferencias.

La edad mínima fue de nueve meses y la máxi-

ma fue de 24 meses con una media de 14.75 meses.

Al analizar los PPATC se encontró que 80% tenía un umbral igual a 30 db, lo cual indica audición normal. El 20% restante presentó algún tipo de hipoacusia, la mayoría de tipo superficial (Tabla 1).

Sin embargo, al analizar el porcentaje de reproducibilidad total, 47.5% tuvo una reproducibilidad total < 70%, lo que es indicativo de un mal funcionamiento de las células ciliadas externas.

Al separar las aferencias que por medio de potenciales tuvieron algún tipo de hipoacusia se observó que 87.5% presentó una reproducibilidad total < 50% y sólo en 12.5% la reproducibilidad total fue > 70%.

Al analizar el ruido por banda de frecuencias en estas aferencias se observó que todas las medidas de tendencia central estuvieron por debajo de tres, lo cual es indicativo de que en todas las frecuencias

Tabla 1. Umbral.

Decibeles	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido				
30	32	80.0	80.0	80.0
40	6	15.0	15.0	95.0
50	1	2.5	2.5	97.5
60	1	2.5	2.5	100.0
Total	40	100.0	100.0	100.0

Tabla 2. Estadísticas.

	SNR 1	SNR 1.5	SNR2	SNR3	SNR4
Número					
Válido	8	8	8	8	8
Faltantes	0	0	0	0	0
Media	-0.88	1.25	1.13	1.00	1.50
Mediana	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Moda	0	0	0	0	0
Desviación estándar	1.642	5.726	5.249	3.742	2.777
Varianza	2.696	32.786	27.554	14.000	7.714
Rango	4	19	17	13	6
Mínimo	-4	-4	-5	-5	0
Máximo	0	15	12	8	6

SNR: señal de ruido de fondo (signal to noise ratio).



**Tabla 3.** Estadísticas.

	Reprod.	SNR 1	SNR 1.5	SNR2	SNR3	SNR4
Número						
Válido	32	32	32	32	32	32
Faltante	0	0	0	0	0	0
Media	67.88	2.16	6.13	10.66	10.59	9.53
Mediana	75.00	.00	4.00	10.00	11.00	11.00
Moda	34*		0	0	0	0
Desviación estándar	28.977	4.664	7.791	8.986	8.439	8.915
Varianza	839.661	21.749	60.694	80.749	71.217	79.483
Rango	122	20	27	31	37	33
Mínimo	-23	-5	-5	-1	-5	-5
Máximo	99	15	22	30	32	28

*Existen múltiples modas.

hubo un mal funcionamiento de las células ciliadas externas; en específico, la frecuencia más afectada fue la 1 KHz (Tabla 2).

Al analizar las aferencias que presentaron umbrales de 30 db (audición normal) se encontró que 37.5% de las aferencias presentó una reproducibilidad total < 70%, indicativo de mal funcionamiento de las células ciliadas externas. Al analizar con detalle, la mediana fue > 70, la media estuvo por debajo de esa cantidad (67.88) y la moda, aún más (34). Por ello se analizó la señal de ruido por banda de frecuencia: en todas las frecuencias la media y la mediana fueron > 3; sin embargo, en todas las frecuencias la moda fue de cero, lo que indica que en todas las frecuencias la señal de ruido no fue adecuada, y en la frecuencia a 1 KHz todas las medidas de frecuencia central fueron < 3; esta frecuencia fue la más afectada (Tabla 3).

DISCUSIÓN

La Academia Americana de Pediatría sugiere que la detección temprana y tratamiento oportuno de los trastornos auditivos se deben llevar a cabo mediante un programa permanente y universal, cuyas actividades de detección se realicen antes de que el recién nacido egrese del hospital, con independencia de los factores de riesgo adversos para la audición y/o durante los tres primeros meses de vida.¹³

Existen varias formas de realizar la detección de los trastornos auditivos; entre ellos, un programa universal que incluya a todos los recién nacidos con factores de riesgo y otro que complemente lo anterior, con la búsqueda intencionada en edades posteriores.¹⁴ El Comité de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos de América señala que el uso de las emisiones otoacústicas y/o los PPATC se decide conforme a los recursos de cada grupo de trabajo que participe en la detección de los trastornos auditivos al nacimiento.¹⁵

Los autores del presente trabajo consideran que una vez realizado el screening por medio de emisiones otoacústicas (que en la mayoría de los equipos, por condiciones del mismo, sólo refieren si existe o no sospecha de hipoacusia) el paso a seguir es realizar ambos estudios, ya que en los resultados es muy alto el porcentaje de sujetos que en los PPATC obtienen audición normal (80%); 15% presentó hipoacusia superficial que se atribuiría a inmadurez de las vías;¹⁶⁻¹⁹ es elevado el porcentaje de pacientes que por medio de PPATC obtienen resultados normales. En el caso de la reproducibilidad de las EOAT en más de la mitad de los estudios (52.5%) el resultado fue > 70% (audición normal);²⁰ así, en ambos estudios por separado hubo una alta probabilidad de que el resultado fuera normal.

Cuando en los potenciales se reporta algún tipo de hipoacusia se corrobora el daño detectado por el screening y además se incrementa el porcentaje





de aferencias que por medio de EOAT presentan disfunción de las células ciliadas externas (87.5%); sin embargo, existe 12.5% de aferencias que, si sólo se hubieran realizado las emisiones, el resultado sería normal.

En las aferencias en las que por medio de potenciales los umbrales fueron normales (30 db), 37.5% presentó una reproducibilidad < 70%, que revela una disfunción de las células ciliadas externas, aunque la vía auditiva esté integra y el nivel de audición sea adecuado.²⁰⁻²² Al analizar el ruido de fondo por bandas de frecuencias se encontró que aunque las medias (a excepción de la frecuencia de 1 KHz) fueron adecuadas, las modas resultaron en cero. En estos casos dicha medida de tendencia central es muy importante, sin dejar de lado que la frecuencia de 1 KHz desde cualquier ángulo está afectada, esto es, aunque la audición sea normal por medio de potenciales se afecta la cóclea y/o inmadurez a la frecuencia de 1 KHz.

CONCLUSIONES

Existen varias formas de realizar la detección temprana de los trastornos auditivos, una de ellas es el screening por medio de emisiones otoacústicas. Aunque el Comité de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos de América señala que las emisiones otoacústicas y/o los PPATC se deciden conforme a los recursos de cada grupo de trabajo que participe en la detección de los trastornos auditivos al nacimiento, una vez que el resultado del estudio no es satisfactorio se debe realizar EOAT o PPATC. En caso de que el resultado de cualquiera de estos estudios fuera compatible con daño audiológico se tomarían las decisiones de tratamiento y/o seguimiento, pero en el caso de un resultado normal es necesario complementarlo con el otro para corroborar los datos, pues con base en los resultados obtenidos en ambos estudios por separado se hallarían datos compatibles con audición normal, aunque exista alguna patología audiológica, ya que las EOAT miden el funcionamiento de la cóclea (en específico de las células ciliadas externas) y los PPATC, la vía auditiva desde la parte distal del VIII para-

craneal hasta el colículo inferior, además que con los potenciales se obtiene un umbral auditivo. De hecho, si se cuenta con el recurso, lo mejor es realizar ambos estudios de primera instancia, pues se complementan muy bien y son de suma utilidad; en ellos no se requiere una respuesta por parte del paciente y es lo mejor para auxiliar en el diagnóstico de hipoacusia en edades tempranas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Schnell-Inderst P, Kunze S, Hessel F, et al. Screening of the hearing of newborns-Update. *GMS Health Technology Assessment* 2006; 2: 1-14.
2. Owen M, Webb M, Evans K. Community based universal neonatal hearing screening by health visitors using otoacoustic emissions. *Arch Dis Child Fetal Neonatal* 2001; 84: F157-F162.
3. Baroch KA. Universal newborn hearing screening: fine-tuning the process. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery* 2003; 11: 424-7.
4. Lonsbury-Martin BL, Martin GK. Otoacoustic emissions. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2003; 11(5): 361-6.
5. Sininger YS. Audiologic assessment in infants. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery* 2003; 11: 378-82.
6. Lonsbury-Martin BL, Martin GK. Otoacoustic emissions. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2003; 11: 361-6.
7. Kemp DT. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *British Medical Bulletin* 2002; 63: 223-41.
8. Tognola G, Ravazzani P, Molini E, Ricci G, Alunni N, Parazzini M, Grandori F. Linear and "derived" otoacoustic emissions in newborns: a comparative study. *Ear & Hearing* 2001; 22(3): 182-90.
9. Ho V, Daly KA, Hunter LL, Davey C. Otoacoustic emissions and tympanometry screening among 0-5 year olds. *Laryngoscope* 2002; 112(3): 513-9.
10. Chen L, Morales D, Taber KH, Hayman LA. Intracranial auditory pathways: anatomy correlated with evoked response data. *J Computer Assisted Tomography* 2002; 26(3): 482-5.
11. Kemp DT. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *Br Med Bull* 2002; 63: 223-41.
12. Cacaceress AT, Pinheiro JMB. Relationships between otoacoustic emissions and auditory brainstem responses in neonates and young children: a correlation and factor analytical study. *Laryngoscope* 2002; 112: 156-67.
13. American Academy Pediatrics. Joint committee on infant hearing 1994 position statement. *Pediatrics* 1995; 95: 152-6.
14. Brookhouser PE, Beauchaine KL, Osberger MJ. Management of the child with sensorineural hearing loss. Medical, surgical, hearing aids, cochlear implants. *Pediatr Clin North* 1999; 461: 121-41.





15. NIH Consens Statement. Early identification of hearing impairment in infants and young children. *Scientific report* 1993; 11: 1-2.
 16. Golstein PJ, Krunholz A, Felix, et al. Brainstem evoked response in neonates. *Am J Obstet Gynecol* 1979; 135: 612.
 17. Hecox KE, Galambos R. Brain stem auditory evoked responses in human infants and adults. *Archives of Otolaryngology* 1974; 1(99): 30-33.
 18. Jacobson JT, Morehouse CR, Johnson MJ. Strategies for infant auditory brain stem response assessment. *Ear and Hearing* 1988; 3: 263-70.
 19. Jerger J, Hayes D, Jordan C. Clinical experience with auditory brainstem evoked response audiometry in pediatric assessment. *Ear Hear* 1980; 1: 19.
 20. Harrison WA, Norton SJ. Characteristics of transient evoked otoacoustic emissions in normal hearing and hearing' impaired children. *Ear and Hearing* 1999; 20(1): 75-86.
 21. Robinette MS, Glatke TJ. Otoacoustic emissions clinical applications, 1st. Ed. Ed. Thieme New York-Stuttgart; 1997.
 22. Ohwatari R, Fukuda S, Chida E. Preserved otoacoustic emission in a child with a profound unilateral sensorineural hearing loss. *Auris Nasus Larynx* 2001; 28(Suppl.): S117-S120.
-

