

Recibido: 25 de agosto de 2005

Versión definitiva: 13 de febrero de 2006

Aceptado: 23 de febrero de 2006

Ricardo Jorge  
Hernández-Herrera,<sup>1</sup>  
Luz María  
Hernández-Aguirre,<sup>2</sup>  
Norma  
Castillo-Martínez,<sup>1</sup>  
Natalia  
De la Rosa-Mireles,<sup>2</sup>  
Jesús  
Martínez-Elizondo,<sup>2</sup>  
Roberto  
Flores-Santos,<sup>1</sup>  
Miguel Eloy  
Torcida-González,<sup>1</sup>  
Rogelio  
Hernández-Núñez<sup>2</sup>

# Parámetros de normalidad de las otoemisiones acústicas en neonatos

## RESUMEN

Introducción: las emisiones otoacústicas son sonidos generados por las células ciliadas externas, en forma espontánea o por sonidos transitorios o productos de distorsión, y que aparecen desde la etapa neonatal. Su evaluación se ha utilizado como método de tamizaje para identificar hipoacusia en el neonato y tienen sensibilidad de 91 % y especificidad de 85 %. El objetivo de esta investigación fue determinar media y desviación estándar de las emisiones otacústicas en neonatos sanos. Material y métodos: se estudiaron 280 neonatos sanos de término, mediante emisiones otacústicas efectuadas entre los 7 y 30 días de vida; las bandas de frecuencia medidas fueron 2000, 2500, 3187, 4000, 5062 y 6375 Hz. Previa evaluación del conducto auditivo externo, se aplicó un estímulo de 55 a 65 dB para cada banda de frecuencia, y se obtuvo media y desviación estándar.

Resultados: los valores de la media en cada banda de frecuencia fueron 10.76, 9.16, 9.46, 7.89, 4.83 y 2 dB SPL y los correspondientes a la segunda desviación estándar inferior (-2 DE): 0.54, -0.33, 0.06, -2.04, -4.37, -7.43 dB SPL, que consideramos el límite inferior de la normalidad. No se encontró diferencia significativa entre ambos oídos ( $p > 0.05$ ).

Conclusiones: las emisiones otoacústicas son una prueba de fácil aplicación para evaluar la función auditiva del neonato. Con las medidas de tendencia central (media y desviación estándar) definimos los límites de la normalidad en nuestra población para neonatos sanos de término.

## SUMMARY

Introduction: the ear acoustic emissions (EAE) are produced from pure low intensity tones coming from the cochlea in response to a stimulus. Hypacusia in the neonate may be detected by universal hearing screening programs using EAE that have a sensitivity of 91 % and specificity of 85 %.

Objective: to define the normal limits we measured the EAE in a group of healthy newborns and calculated the media and standard deviation (SD). Patients and methods: We enrolled 280 healthy neonates, previous external ear evaluation for permeability and we measured the EAE at 7 to 30 days of life at 2000, 2500, 3187, 4000, 5062 y 6375 Hz, using a 55-65 dB stimulus for each frequency band.

Results: in each frequency band evaluated we calculated the media: 10.76, 9.16, 9.46, 7.89, 4.83, 2 dB SPL, and minus two SD: 0.54, -0.33, 0.06, -2.04, -4.37, -7.43 dB SPL, that we considered the lower limit of normality for both ears in each frequency band tested. There were no significant differences between measurements in both ears ( $p > 0.05$ ).

Conclusions: the EAE measurement is an easy, and low cost test that can be used to make the universal hearing screening accessible. These results support the normal levels of EAE and the Corti organ function in healthy newborns.

<sup>1</sup>Departamentos de Pediatría y Genética, Hospital Regional de Especialidades 23

<sup>2</sup>Otorrinolaringología y Otoneurología, Hospital General de Zona 33

Instituto Mexicano del Seguro Social, Monterrey, Nuevo León

Comunicación con:

Ricardo Jorge  
Hernández-Herrera  
Teléfono y fax  
(01 81) 8340 8171.

Dirección electrónica:  
richdzher@hotmail.com

## Palabras clave

- ✓ emisiones otoacústicas espontáneas
- ✓ neonatos sanos
- ✓ hipoacusia

## Key words

- ✓ spontaneous otoacoustic emissions
- ✓ newborn infant
- ✓ hearing loss

## Introducción

La audición es el mecanismo a través del cual se adquiere el lenguaje,<sup>1</sup> por ello, la detección oportuna de la hipoacusia y su rehabilitación mejoran las expectativas cuando la hipoacusia es identificada desde la etapa neonatal hasta antes de los seis meses de edad.<sup>2,3</sup> Para realizar el tamizaje sistemático, la primera prueba debe ser la evaluación de las emisiones otacústicas y ante dudas o sospechas, los potenciales auditivos evocados. La mayor parte de los protocolos para escrutinio de hipoacusia utilizan este esquema.<sup>4</sup>

Las emisiones otacústicas son señales de intensidad extremadamente débiles originadas en el oído interno, el cual no sólo es un transductor pasivo sino también es capaz de producir sonidos, de tal manera que cualquier debilidad o cambio en las emisiones otoacústicas es un índice significativo de lesión auditiva.<sup>5</sup> Las emisiones otacústicas pueden medirse cualitativamente en la mayor parte de la banda de frecuencia y su intensidad se expresa cuantitativamente en decibeles (dB), obteniéndolas desde el conducto auditivo externo. Las emisiones otoacústicas por productos de distorsión se miden en las bandas de frecuencia de 1000 a 5000 Hz.<sup>6</sup>

En el neonato, las emisiones otacústicas permiten la evaluación de la función auditiva con una sensibilidad de 91 % y especificidad de 85 %, sin embargo, debido al número de falsos positivos se requiere efectuar potenciales auditivos evocados en quienes se sospeche hipoacusia, con lo cual se incrementa la sensibilidad a 100 % y la especificidad a 98 %, ya que si se realizan en todas sus modalidades (latencia temprana, media, tardía y de estado estable) pueden evidenciar las velocidades de conducción en la vía auditiva.<sup>7</sup>

En Estados Unidos de Norteamérica, el tamizaje auditivo neonatal sistemático se lleva a cabo en 32 estados.<sup>8</sup> *The National Institute of Health* (Bethesda) recomienda que el escrutinio para hipoacusia severa se realice en niños menores de tres meses empleando emisiones otacústicas, y potenciales auditivos evocados en casos de sospecha.<sup>1</sup>

En la población mexicana no se han publicado estudios de emisiones otacústicas en recién nacidos sanos, por lo cual decidimos estudiar

a un grupo de neonatos clínicamente sanos, sin factores de riesgo, para definir el patrón de distribución y los límites de normalidad.

## Material y métodos

Se incluyeron 300 recién nacidos sanos de término seleccionados al azar en una sala-cunero del Hospital Regional de Especialidades 23, Instituto Mexicano del Seguro Social, Monterrey, Nuevo León, entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2004. Para realizar el estudio fueron analizados entre los siete y 30 días de vida.

**Cuadro I**  
**Características de recién nacidos**  
**sanos en quienes se efectuó**  
**tamizaje auditivo neonatal**

Población	Número de pacientes*
Masculinos	112
Femeninos	130
Peso promedio (kg)	3.395
Nacimiento por parto	149
Nacimiento por cesárea	95
Eutróficos	221
Macrosómicos	16

\*Información disponible

Los criterios de exclusión fueron antecedentes de sordera en la familia, parto distóxico, asfixia perinatal, ictericia o infecciones, estancia en incubadora, antecedente de aplicación de medicamentos potencialmente ototóxicos, como furosemide, aminoglucósidos u oxigenoterapia, anomalías auditivas o craneofaciales, o que el paciente fuera portador de defectos congénitos o tuviera rasgos de algún síndrome genético. Los criterios de eliminación fueron neonatos con alguna medición dudosa o positiva y en la cual interfirió ruido ambiental proveniente del llanto o del movimiento del neonato.

Los estudios se realizaron entre las 10 y 12 horas del día, instruyendo a las madres para que mantuvieran el patrón de alimentación y acudieran con chupón o biberón. Antes se revisaron los conductos auditivos para confirmar que no existiera cerumen o detritus, y se mantuvo a la madre y al hijo en una sala durante 10 a 15 minutos para que se habituaran al ambiente. Después se pasó al recién nacido a una cámara sonoamortiguada y se colocó la sonda de medición en cada uno de los conductos auditivos externos. Se utilizó un equipo analizador de emisiones tipo GSI 60 (Distortion Product Otoacoustic Emissions Analyzer, Grason Stadler, Inc.).

Se aplicaron estímulos de 55 a 65 dB y se analizaron las bandas de frecuencia correspondientes a 2000, 2500, 3187, 4000, 5062 y 6375 Hz, eliminando las mediciones que tuvieron una diferencia menor a 3 dB del ruido base. El estudio no se prolongó por más de 10 minutos y fue suspendido cuando no se pudo controlar el llanto, los movimientos, los ruidos ambientales o cuando no se lograron lecturas en tres o más bandas de frecuencia; en estos casos se hizo la reprogramación. Todas las mediciones fueron efectuadas por el mismo grupo técnico y analizadas con estadística descriptiva.

## Resultados

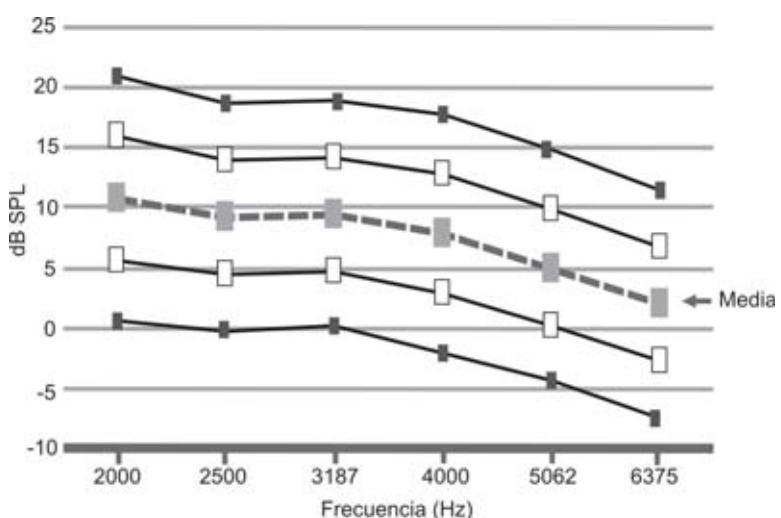
Se examinaron 300 recién nacidos y se eliminaron 20 que tuvieron resultados dudosos o cuya edad era mayor de 30 días, quedando en total 280. Las pruebas se efectuaron a los nueve días de vida en promedio (rango 7 a 30 días). Las seis bandas de frecuencia evaluadas fueron 2000, 2500, 3187, 4000, 5062 y 6375 Hz y tuvieron el siguiente número de mediciones cada una de ellas: 535, 542, 545, 546, 511, 440 en ambos oídos. Las emisiones otoacústicas productos de distorsión obtenidas de ambos oídos se presentan con la media y las dos desviaciones estándar en la figura 1 y el cuadro II; no se encontraron diferencias significativas entre ambos oídos ( $p > 0.05$ ) y las medidas corresponden a la suma del total de mediciones de los dos oídos. En las bandas de frecuencia analizadas se hallaron los siguientes valores que co-

rresponden a  $-2$  DE, que incluye hasta 95 % de las mediciones de las emisiones otoacústicas en este grupo de recién nacidos sanos: 0.54,  $-0.33$ , 0.06,  $-2.04$ ,  $-4.37$  y  $-7.43$  dB SPL para ambos oídos.

**Ricardo Jorge Hernández-Herrera et al.**  
**Emisiones otoacústicas en neonatos**

## Discusión

La evaluación de las emisiones otoacústicas es la prueba recomendada para iniciar el escrutinio de hipoacusia severa en los recién nacidos; antes de la evaluación inicial debe considerarse la revisión previa de los conductos auditivos externos,



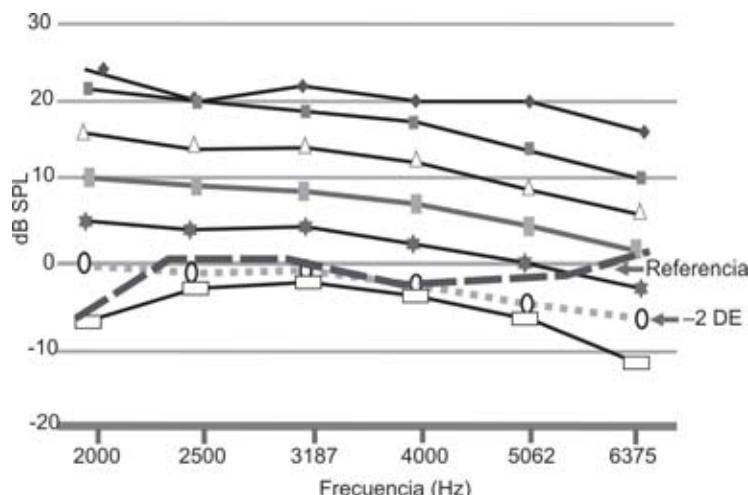
**Figura 1. Media y desviaciones estándar de las emisiones otoacústicas en 280 recién nacidos sanos después de la primera semana de vida**

**Cuadro II**

**Valores de la media y desviación estándar de las emisiones otoacústicas en 280 recién nacidos sanos**

	Decibeles	Frecuencia (Hz)					
		2000	2500	3187	4000	5062	6375
2 DE		20.98	18.66	18.86	17.83	14.77	11.44
DE		15.87	13.91	14.16	12.86	9.8	6.72
Media		10.76	9.16	9.46	7.89	4.83	2
-DE		5.65	4.41	4.76	2.92	0.22	-2.71
-2 DE		0.54	-0.33	0.06	-2.04	-4.37	-7.43

debido a la posibilidad de obstrucción por cerumen, detritus o líquido amniótico. Para evitar esto, los estudios se programaron desde los siete días de vida y previamente se confirmó la limpieza del canal auditivo.



**Figura 2. Resultados de la segunda desviación estándar de nuestro estudio con 280 recién nacidos sanos, comparados con los indicados como valores de referencia (equipo GSI 60)**

En nuestra población se desconoce la prevalencia de hipoacusia neonatal y para realizar estudios de tamizaje sistemático en población abierta se requiere conocer los límites de la normalidad en el recién nacido. En el grupo de neonatos sanos examinados encontramos resultados similares a los que utiliza como referencia el equipo analizador de emisiones GSI 60, sin embargo, en los decibeles más altos a frecuencias de 5000 y 6000 Hz hallamos una diferencia significativa ( $p < 0.001$ , figura 2), que podría estar relacionada con disminución en la percepción de los sonidos más agudos por inmadurez de la vía auditiva.

Diversos factores pueden producir resultados falsos positivos, como la presencia de líquido amniótico en el canal auditivo en los primeros tres días de vida, de tal forma que cuando se revalora el paciente al mes se observa conversión hacia la normalidad,<sup>9</sup> por lo que se hace necesaria la diferenciación entre la hipoacusia conductiva secundaria a líquido amniótico

y la relacionada con disfunción coclear o pérdida auditiva;<sup>10</sup> en nuestro estudio evitamos esta falsa lectura al evaluar a los recién nacidos a los siete días de vida.

Al ser comparadas las emisiones otoacústicas transientes con las emisiones otoacústicas productos de distorsión, se encontró una evaluación aprobatoria similar, por lo que se considera que ambos métodos son útiles para evaluar la función coclear en los neonatos.<sup>11</sup> En algunos estudios de emisiones otoacústicas se han incluido bandas de frecuencia de 1, 1.5, 2, 3 y 4 kHz, con un estímulo de 80 dB SPL, y se recomienda tomar en cuenta el tamaño de la ola, los ruidos de fondo, los ruidos internos y la edad del paciente, como variables que pueden afectar la lectura.<sup>7</sup> Algunos análisis han eliminado la banda de frecuencia de 1 kHz debido a la dificultad para su medición, evaluando sólo rangos mayores de 1.5 kHz en diferentes ambientes de prueba.<sup>12</sup> En el presente estudio se evaluaron sólo bandas de frecuencia por arriba de 2000 Hz y se eliminaron las mediciones donde los ruidos pudieran alterar los resultados, lo que aumenta su validez. Se han comparado los resultados de la medición de emisiones otoacústicas con dos equipos (ILO92 y GSI 70 DPOAE), encontrando una sensibilidad de 100 % en ambos y especificidad de 97 y 94 %,<sup>13</sup> lo que demuestra que estos equipos tienen un margen de seguridad aceptable.

Cuando la distribución de los resultados es en campana, se considera que la media  $\pm 2$  DE incluye 95 % de las observaciones, lo que delimita la tendencia de la mayoría en una población de recién nacidos sanos. Las emisiones otoacústicas son una prueba confiable de fácil realización para evaluar la función del órgano de Corti, con la cual se puede identificar la mayor parte de los casos de sordera profunda o grave, además, es económica y rápida, no requiere equipo costoso y se puede usar, al igual que los potenciales auditivos evocados, como prueba de tamizaje de hipoacusia. La medición de la función auditiva en etapas tempranas del desarrollo constituye una oportunidad en la prevención y tratamiento de la hipoacusia, aunque las causas de ésta son múltiples<sup>14</sup> y se han reportado más de 400 síndromes que pueden presentarla y cerca de 100 genes se relacionan con

la sordera no sindrómica.<sup>15</sup> Por otra parte, si bien los potenciales auditivos evocados tienen mayor especificidad y sensibilidad que las emisiones otacústicas, el costo del equipo limita su uso generalizado como prueba de escrutinio, mientras que las segundas permiten identificar los casos sospechosos de hipoacusia grave para someterlos a potenciales auditivos evocados. En población de alto riesgo se debe utilizar ambas pruebas para tener un rango de seguridad mayor y evitar resultados falsos positivos.

En conclusión, los valores normales que propone el equipo GSI 60 son aplicables en nuestra población, excepto los correspondientes a las frecuencias de 5062 y 6375 Hz, donde encontramos una diferencia significativa. Estos resultados proveen información de la función del órgano de Corti en el recién nacido sano y permiten establecer la media y desviación estándar de las emisiones otacústicas en un grupo de neonatos sanos.

## Referencias

1. Kennedy CR. Neonatal screening for hearing impairment. *Arch Dis Child* 2000;83:377-382.
2. Bustos L. Evaluación auditiva. Apuntes de otorrinolaringología. Disponible en [http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/Otorrino/Otorrino\\_A011.html](http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/Otorrino/Otorrino_A011.html)
3. Kennedy C, McCann D. Universal neonatal hearing screening moving from evidence to practice. *Arch Dis Child* 2004;89:F378-F383.
4. Johnson JL, White KR, Widen JE, Gravel JS, James M, Kennalley T, et al. A multicenter evaluation of how many infants with permanent hearing loss pass a two-stage otoacoustic emissions/automated auditory brainstem response newborn hearing screening protocol. *Pediatrics* 2005;116:663-672.
5. Saurini P, Nola G, Lendvai D. Otoacoustic emissions: a new method for newborn hearing screening. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2004;8:129-133.
6. Silva A, Ysunza A, Berruecos P. Efecto del enmascaramiento contralateral sobre latencia de las emisiones otoacústicas por productos de distorsión. *An ORL Mex* 1997;42:126-130.
7. Norton SJ, Gorga MP, Widen JE, Vohr BR, Folsom RC, Sininger YS, et al. Identification of neonatal hearing impairment: transient evoked otoacoustic emissions during the perinatal period. *Ear Hear* 2000;21:425-442.
8. DeCristofaro J, Bradley M, Claus-Parodi ST. Universal newborn hearing screening for congenital hearing loss: how much does it cost? *Pediatr Res* 1997;41:194.
9. Janssen T, Klein A, Gehr DD. Automated hearing threshold estimation in newborns using extrapolated DPOAE input/output functions. *HNO* 2003;51:971-980.
10. Janssen T, Gehr DD, Klein A, Muller J. Distortion product otoacoustic emission for hearing threshold estimation and differentiation between middle-ear and cochlear disorders in neonates. *J Acoust Soc Am* 2005;117:2969-2979.
11. Hatzopoulos S, Pelosi G, Petruccielli J, Rossi M, Vigi V, Chierici R, et al. Efficient otoacoustic emission protocols employed in a hospital-based neonatal screening program. *Acta Otolaryngol* 2001;121:269-273.
12. Kezirian EJ, White KR, Yueh B, Sullivan SD. Cost and cost-effectiveness of universal screening for hearing loss in newborns. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2001;124:359-367.
13. Matsumura M, Chida E, Suto S, Fukuda S, Kashiwamura M, Kuroda T, et al. Utility of OAE screener (GSI 70) for the evaluation of distortion product otoacoustic emissions. *Nippon Jibinkoka Gakkai Kaiho* 2001;104:721-727.
14. Bitner GM. Hereditary deafness and phenotyping in humans. *Br Med Bull* 2002;63:73-94.
15. Steel K. New interventions in hearing impairment. *BMJ* 2000;320:622-625. 

**Ricardo Jorge Hernández-Herrera et al.**  
**Emisiones otoacústicas en neonatos**