

José Ignacio Benito Orejas

Servicio de ORL. Hospital Clínico de Valladolid
Valladolid, España



- Iniciador del cribado auditivo de alto riesgo con PEATC en el H. C. de Valladolid (1994)
- Responsable del cribado auditivo universal con OEAT en el H. C. de Valladolid (2001)
- Coordinador del programa de detección precoz de la hipoacusia en la Comunidad Castellano-Leonesa, mediante PEATC-A (2004)

José Ignacio Benito Orejas

Servicio de ORL. Hospital Clínico de Valladolid
Valladolid, España



Detección precoz de la sordera. Técnicas de cribado auditivo neonatal:

Potenciales evocados auditivos de tronco cerebral automatizados (PEAT-A)

Early identification of deafness. Newborn hearing screening techniques:

Automated auditory brainstem response (AABR)

Simposio Internacional
**Detección,
diagnóstico y
tratamiento precoz
de la sordera
en la infancia**

*International Symposium
Early identification,
diagnosis and
treatment of
deafness in infants*

Madrid,
21 y 22 de febrero, 2008
February 21-22, 2008

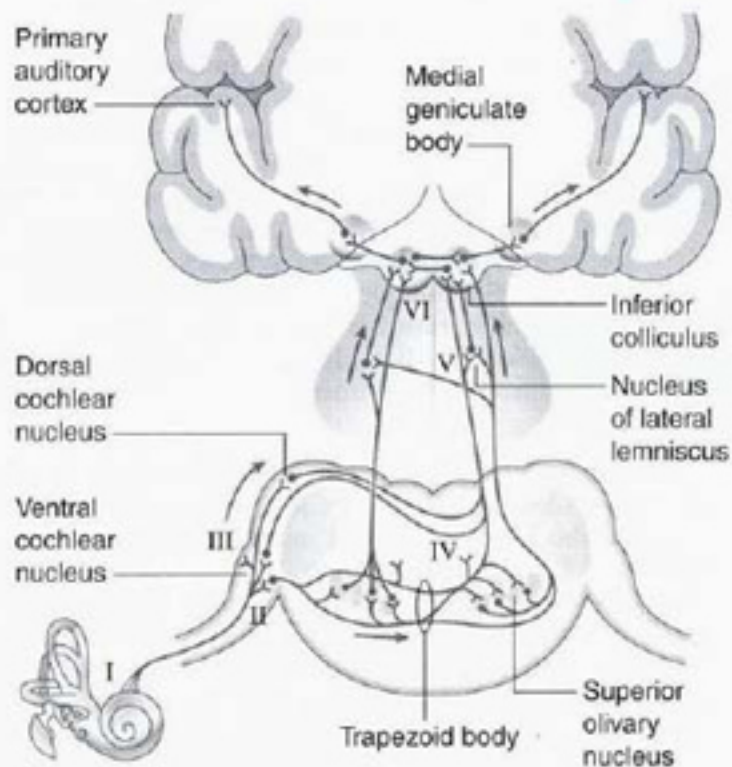


Detección precoz de la sordera. Técnicas de cribado auditivo neonatal: Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral Automatizados (PEATC-A).

Early identification of deafness. Newborn hearing screening techniques: Automated Auditory Brainstem Response (AABR).

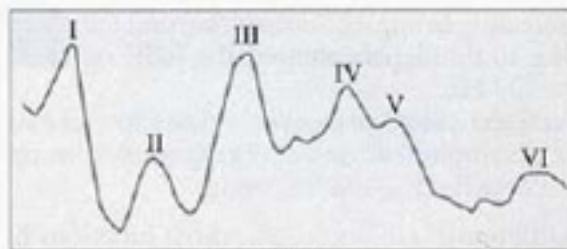
**José Ignacio Benito Orejas
Servicio de Otorrinolaringología.
Hospital Clínico de Valladolid.**

POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DEL TRONCO CEREBRAL (PEATC)



Probable ABR Generators:

Wave I	Distal auditory nerve
Wave II	Proximal auditory nerve
Wave III	Cochlear nucleus
Wave IV	Superior olivary complex
Wave V	Lateral lemniscus
Wave VI	Inferior colliculus



Moller AR y Janetta PJ, 1985

[Tomado de Neurology (Jaefer RK and Brackmann DE). 2nd ed, 2004.]

- **Son un componente de los “potenciales evocados auditivos” (PEA).**
- **Su terminología expresa, la actividad eléctrica que se genera en el sistema auditivo (desde el nervio auditivo hasta el colículo inferior), en respuesta a un estímulo acústico apropiado.**

POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DEL TRONCO CEREBRAL (PEATC)

- “Prueba patrón” de valoración audiológica de RN y lactantes.

...pero :

- No es una prueba auditiva (*valora la integridad de la vía auditiva hasta el colículo inferior*) (Falsos (-) en hipoacusias centrales. Erenberg, 1999; Musiek et al, 2004).
- Tiene gran precisión a la hora de determinar el umbral medio de las frecuencias 2000-4000 Hz; pero es escasa por debajo de 1000 Hz y por encima de 4000 Hz. (Falsos (-) en hipoacusias de configuración inusual. Widen et al, 2000).
- Diferencias en el tamaño del CAE y en la colocación y tipo de auricular, pueden generar diferencias en el estímulo. (Falsos (-) en hipoacusias leves. Sininger et al, 2000; Stapells, 2000; Stevens et al, 2004; Johnson et al, 2005).
- No hay estándares de calibración en OEAT/PEATC (hay una potencial variabilidad en los resultados dependiendo de la tecnología y de su manufactura).(Gravel et al, 2005).
- La prueba normal, no puede aplicarse como prueba de cribado universal:
 - Prueba compleja, que requiere tiempo.
 - Necesita profesionales especializados en la técnica e interpretación.
 - Conlleva la subjetividad de la interpretación (no estándar).

Elevado Coste



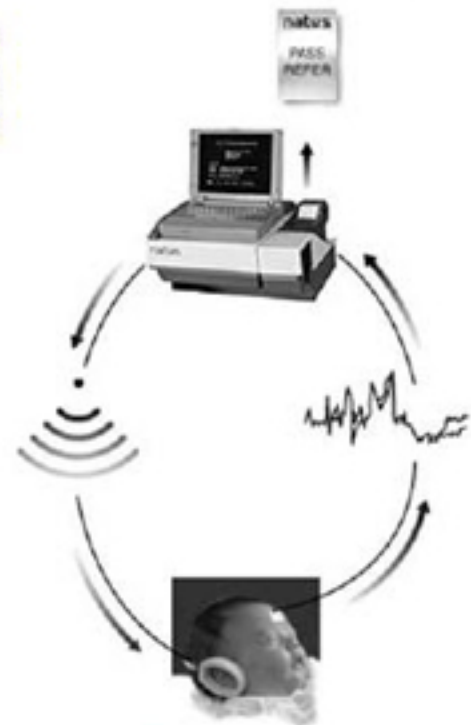
AUTOMATIZACIÓN

POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DEL TRONCO CEREBRAL AUTOMÁTICOS PEATC-A

La automatización consiste en la creación de un modelo matemático (algoritmo) que analiza la probabilidad de que la curva obtenida en la prueba se corresponda con una curva normal (PASA/NO PASA).

ALGO 1®: (Natus Medical, California, 1985)

- **ALGORITMO:** a través de un modelo binario, analiza una serie de puntos en la curva de respuesta, aplicando una prueba estadística (de Neyman-Pearson) con la que se obtiene una "razón de probabilidad" (LR), que si alcanza un valor >160 , indica un nivel de confianza mayor del 99,97% y marca PASA y si no lo alcanza tras 15.000 barridos, marca NO PASA.
- Componentes estructurales básicos: microprocesador, sistema EEG, generador de estímulos, sistemas de detección de ruido y de actividad miogénica.
- Estimulo: clic de 100 μ s, de polaridad alternante a 35 dB nHL, con un espectro frecuencial entre 750 y 5000 Hz, a una frecuencia de 37 estímulos/seg.



Otras versiones: Algo 2 (1994), Algo 3 (2004).

ABAER®: (House Ear Institute. Bio-logic Systems Corp. USA/Canada)

- **Algoritmo:** POVR (Point Optimized Variance Ratio: Punto de la Razón de la Varianza Optimizada), refinamiento del método "Fsp" previo:

Fsp: cociente de 2 varianzas
(valor de la respuesta / valor del ruido > 3,1).

POVR: se aplica el Fsp en varios puntos.

- Estímulo: clic a 37,1 Hz (35-40 y 55 dB nHL).
- La prueba muestra el POVR y los PEATC.
- Si no se consigue un POVR > 3,1 después de 2 series de 6.144 estímulos: NO PASA:



Maico-Baby-Screener MB 11®: (Alemania)

- BERA phone: incluye electrodos, auricular y preamplificador en una unidad.
- **Algoritmo:** "Fast Steady State" (FSS). Se envían 6 clics juntos (de 10 a 60 dB), lo que genera una respuesta de estado estable: "steady state response" (SSR).
- El sistema guarda las respuestas en 2 memorias y las compara, debiendo aparecer onda V a 40-50 y 60 dB para ser PASA.
- Si no hay criterio de PASA en 120 seg, es NO PASA (prueba muy rápida).



SABRE SLE®: (Queen's Medical Center de Nottingham, 1984)

- **Algoritmo:** evalúa la correlación respuesta/ruido de dos curvas de PEATC recogidas tras estimulación con clics de polaridad alternante a una determinada intensidad (por lo que además del cribado permite obtener el umbral auditivo). El análisis se realiza a partir de 60 puntos y analiza:
 - Coeficiente de correlación.
 - Varianza de la respuesta.
 - Relación señal/ruido.



Accu Screen Pro-A® (con programa informático Acculink®). 3ª generación. Fabricante: Fischer-Zoth (Alemania). Distribuidor: GN Otometrics. Madsen. Dinamarca.

Algoritmo:

- Impedancia < 12K Ω .
- Clic a 55 Hz (35-45 dB nHL).
- La prueba se analiza a través de 8 ventanas (con una contaminación ruidosa similar en cada ventana). La evaluación se realiza en cada una de las ventanas y si los criterios de calidad se alcanzan en 1, entonces PASA.
- Los datos que se van obteniendo se filtran para dar más valor a la parte del registro donde podría encontrarse la respuesta normal.
- Como en Algo, se aplica la teoría de la probabilidad binomial, valorando la polaridad de más de 100 puntos de muestreo.

GN Otometrics
MADSEN - AURICAL - ACS



❖ ¿Qué le pedimos a una prueba de cribado auditivo?:

VALIDEZ :

HIPOACUSIA CONGÉNITA

PRESENTE

AUSENTE

...pero :

Resultado de la
Prueba de cribado

POSITIVA
(NO PASA)

VERDADERO
POSITIVO

FALSO
POSITIVO

NEGATIVA
(PASA)

FALSO
NEGATIVO

VERDADERO
NEGATIVO

SENSIBILIDAD

ESPECIFICIDAD

✓ ¿Es preferible una elevada sensibilidad o especificidad?

- JCIH (2000): criterio PASA / NO PASA: 35 dB nHL.

“Algunos niños pasarán el cribado a pesar de tener un cierto grado de hipoacusia leve permanente”
(Gravel et al, 2005).

- JCIH (2007): conveniencia de identificar todos los grados y tipos de hipoacusia.

Si reducimos el nivel de cribado a 30 dB aumentan considerablemente los falsos (+) consecuencia de hipoacusias conductivas temporales.
(Bess & Paradise, 1994).

Referencia	Test diagnóstico	Equipo	N	Criterio Paso	Sensibilidad	Especificidad
Jacobson (1990)	ABR Convencional	Aigo®	224	35 dB	100 %	95 %
Herman (1995)	ABR Convencional	Aigo®	1.187	35 dB	98 %	95 %
Van Stralen (1996)	Audiométrico	Aigo®	250	35 dB	100 %	94 %
Chen (1996)	ABR Convencional	Aigo®	250	35 dB	93 %	78 %
Mason (1998)	Audiométrico	SABRE®	5.983	50 dB	90 %	93 %

➤ Tasa de falsos positivos:

▪ Causas de falsos positivos con OEAT:

- * La curva de aprendizaje es más lenta que con PEATC-A y la mala técnica (sobre todo por no escoger la sonda de tamaño adecuado), genera falsos (+).
- * La presencia de restos de vómito en CAE o líquido en oído medio, dan más falsos (+) con OEAT que con PEATC-A (sobre todo si el cribado se realiza con niños menores de 24 horas de edad) [Chang et al, 1993; Doyle et al, 1997; Sutton et al, 1996].
- * Ambiente ruidoso (externo o del propio niño).

▪ Causas de falsos positivos con PEATC-A:

- * Inmadurez o disfunción de la vía auditiva central (Majnemer et al, 1998).
- * Anomalía neurológica transitoria (elevación reversible del umbral tras hipoxia. Stockard et al, 1983; Jieng, 1995, 1998).

Mayor con OEAT que con PEATC-A:

➤ OEAT: 6-7%

(Maxon et al, 1995; Ceulaer et al, 1999; Lin et al, 2002).

➤ PEATC-A: 1-2%

(Mehl et al, 2002; Clarke et al, 2003; Iwasaki et al, 2003; Meier et al, 2004; Lin et al, 2007)

Consecuencias de falsos positivos:

- Pérdida de pacientes.
- Incremento de costes.
- Ansiedad familiar.
- Pérdida de confianza en el programa.

➤ Detección de Neuropatía / Disincronía auditiva:

- Su prevalencia exacta es desconocida.
- Se estima que afecta a más del 10% de la población sorda.
- Puesto que la afectación está más allá de las CCE, las OEA son normales (Falso -) y sólo se alteran los PEATC-A.

Las recomendaciones del JCIH (2007) indican que la única técnica de cribado apropiada en la UCI neonatal deben ser los PEATC-A.

Tiempo de la prueba : (PEATC-A: 15' y OEAT: 2')

Aunque la automatización y los nuevos algoritmos han disminuido el tiempo, la **prueba de cribado con PEATC-A es más larga que con OEAT:**

- A diferencia de las OEAT, los PEATC-A requieren preparar al niño (limpieza, colocación y fijación de electrodos) y colocación de auriculares (unos 6 minutos).
- Con la manipulación que conlleva esta preparación se facilita el despertar del niño, incrementándose el tiempo de la prueba (con PEATC-A se requiere que el niño esté más tranquilo y adormilado que con OEA).
- La duración de la prueba es variable dependiendo de:
 - ˆ La audición del niño (si NO PASA hay que esperar 15.000 barridos).
 - ˆ Obstrucciones parciales del conducto o presencia de líquido en oído medio, PASAN la prueba con más frecuencia que con OEA (mayor número de falsos (+) en las primeras 24 horas), pero se tarda más tiempo.
 - ˆ Condiciones de la prueba: el ruido ambiente afecta más a las OEA y la actividad miogénica (estado de relajación del niño) afecta más a los PEATC-A.

...pero :

Tiempo global: con OEAT se necesita re-cribar a más niños (por presentar mayor número de falsos (+) y realizar PEATC a los que sean portadores de factores de riesgo de neuropatía auditiva.

Costes:

- Precio del equipo de cribado.
- Gastos de personal.
- Precio de material desechable.
- Pruebas de seguimiento.
- Diagnóstico audiológico.

(Gorga et al, 2001).

Análisis de los "Centros de Control y Prevención de la Enfermedad de EEUU" (CDC, 1997):

(Iley et al, 2000; Lin et al, 2007; Vohr et al, 2001 (gasto similar).

▪ Coste de la prueba de cribado:

-OEAT: 17,96 \$ / niño.

-PEATC-A: 26,03 \$ / niño.

...pero :

▪ Coste final:

(considerando el seguimiento: pruebas de re-cribado y diagnóstico audiológico).

-OEAT: 35,59 \$ / niño.

-PEATC-A: 13,64 \$ / niño.

Conclusión: analizando costes totales (según CDC), es más caro un programa con OEAT que con PEATC-A.

Eficiencia:

¿ OEAT o PEATC-A ?

Ninguna prueba de cribado es perfecta

Norton et al (2000): Tanto las OEA como los PEATC son procedimientos aceptables para diferenciar hipoacusias moderadas y más severas (igualmente eficaces).

Por tanto, la selección de una prueba u otra va a depender de su eficiencia en el **contexto donde se realice el cribado**:

- Dada la lenta curva de aprendizaje de las OEAT; en programas de escaso cribado, cambios de personal..., mejor los PEATC-A.
- Si se requiere realizar las pruebas de cribado en las primeras 24 horas: mejor PEATC-A.
- Si UCI neonatal: PEATC-A.
- Según el volumen de niños a cribar y el material y personal disponible: OEAT/PEATC-A.

- Se deben explorar ambos oídos en al menos el 95% de todos los recién nacidos.
- La tasa de falsos positivos debe ser igual o inferior al 3% y la de falsos negativos debe tender al 0%.
- La tasa de remisión para estudio en el Servicio de ORL debe ser inferior al 4%.
- La tasa de niños perdidos en el seguimiento debe ser inferior al 5% de los referidos.

- JCIH (2007): Hipoacusia congénita permanente, uni o bilateral, sensorial o conductiva y *neural* (*neuropatía o disincronía auditiva*).



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Sanidad



14 hospitales

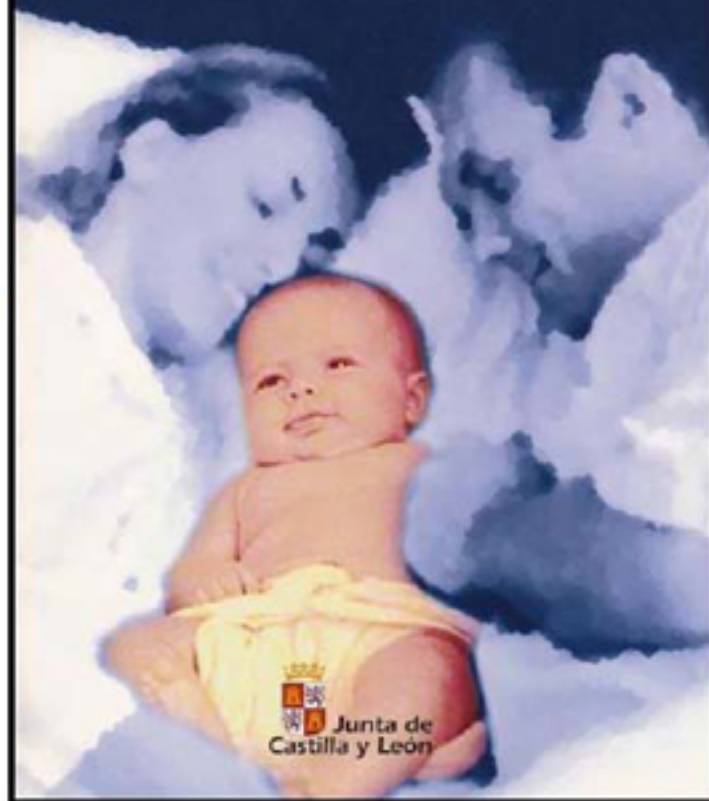
comienza a aplicarse en
Septiembre 2004

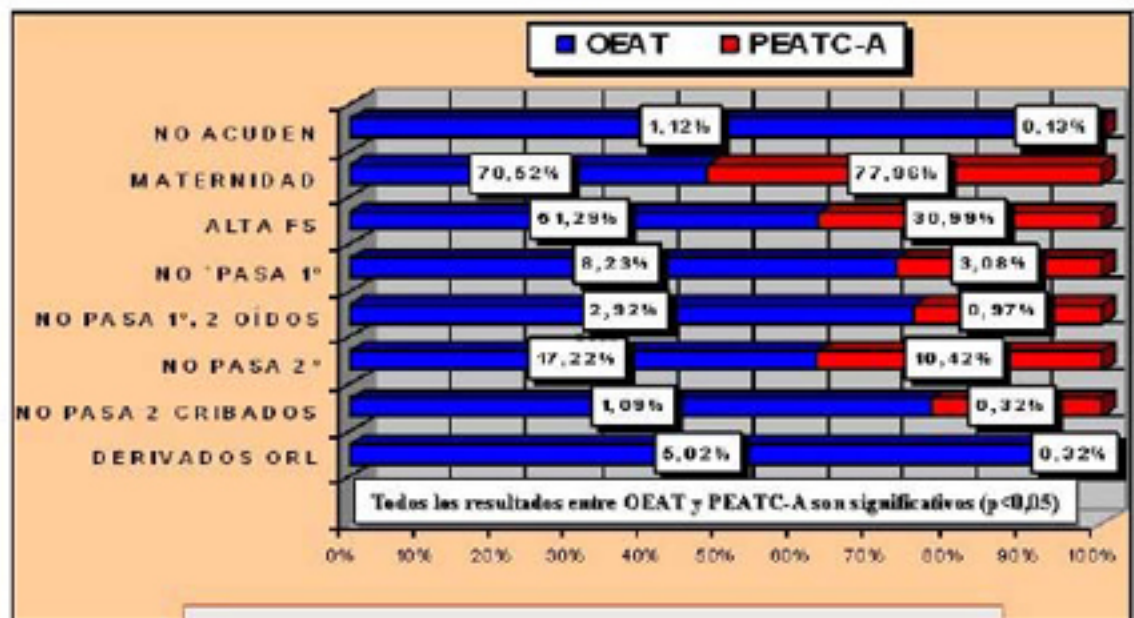
13 de Abril del 2004

Programa de detección precoz
y atención integral de la

Hipoacusia Infantil

en Castilla y León





BENEFICIOS DE PEATC-A (datos anuales)

(Recuento sobre 1500 RN al año)

- Con OEAT **se pierden** 15 niños más que con PEATC-A.
- Con OEAT 300 niños más que con PEATC-A, se van en fin de semana sin la prueba de cribado, teniendo que volver a realizársela.
- Con PEATC-A, PASAN el 1° cribado 75 niños más que con OEAT y por tanto, no precisan volver, ni **preocuparse** los padres.
- Con OEAT, 70 niños más que con PEATC-A son derivados a consulta de ORL para valoración clínica, endoscópica y PEATC.

CONCLUSIÓN

en nuestro medio,
ha valido la pena

*cambiar las OEAT
por los PEATC-A
como procedimiento
de cribado auditivo
universal.*



1. Centers for Disease Control and Prevention. (2005). DSHPSHWA data summary for reporting year 2003. Retrieved April 15, 2005, from http://www.cdc.gov/nccbddd/ohdi/2003/Data_Summary_03D.pdf.
2. Ceulsaer GD, Daemars K, van Driessche K, et al. Neonatal hearing screening with transient evoked otoacoustic emissions: a learning curve. *Audiology* 1999; 38: 296-302.
3. Chang KW, Vohr BR, Norton SJ, Lokae MD. External and middle ear status to evoked otoacoustic emissions in neonates. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1993; 119: 276-282.
4. Chen SJ, Yang EY, Kwan ML. Infant hearing screening with an automated auditory brainstem response screener and the auditory brainstem response. *Acta Paediatr* 1996; 85: 14-18.
5. Clarke P, Iqbal M, Mitchell S. A comparison of transient-evoked otoacoustic emissions and automated auditory brainstem responses for pre-discharge neonatal hearing screening. *Int J Audiol* 2003; 42: 443-447.
6. CODEPEH. Marco J, Almenar A, Alzina V, Bixuquet V, Jaudanes MC, Ramos A. Control de calidad de un programa de detección, diagnóstico e intervención precoz de la hipoacusia en recién nacidos. Documento oficial de la Comisión para la Detección de la Hipoacusia en recién Nacidos. *Acta Otorinolaringol Esp* 2004; 55: 103-106.
7. Cone-Wesson B, Vohr BR, Sininger YS, Widen JE, Folsom RC, Gorga MP, Norton SJ. Identification of neonatal hearing impairment: Infants with hearing loss. *Ear Hear* 2000; 21: 466-507.
8. Doyle KJ, Burggraaff B, Fujikawa S, Kim J. Newborn hearing screening by otoacoustic emissions and automated auditory brainstem response. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1997; 41: 111-119.
9. Erenberg S. Automated auditory brainstem response testing for universal newborn hearing screening. *Otolaryngol Clin North Am* 1999; 32 (6): 999-1007.
10. Gorga MP, Preissler K, Simmons J, Walker L, Hoover B. Some issues relevant to establishing a universal newborn hearing screening program. *J Am Acad Audiol* 2001; 12: 101-112.
11. Gravel JS, Karma P, Casselbrant ML, et al. Recent advances in otitis media : 7. Diagnosis and screening. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2005; 194: 104-113.
12. Harmann BS, Thornton AR, Joseph JM. Automated infant hearing screening using the ABR: development and validation. *Am J Audiol* 1995; 4: 6-14.
13. Iley KL, Addie RJ. Infant hearing impairment and universal hearing screening. Impact of technology choice on service provision for universal newborn hearing screening within a busy district hospital. *J Perinatol* 2000; 20: S121-S127.
14. Iwasaki S, Hayashi Y, Seki A, Nagura M, Hashimoto Y, Oshima G, Hoshino T. A model of two-stage newborn hearing screening with automated auditory brainstem response. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2003; 67: 1099-1104.
15. Jacobson JT, Jacobson CA, Spahr RC. Automated and conventional ABR screening techniques in high-risk infants. *J Am Acad Audiol* 1990; 1 (4): 187-195.
16. Jiang ZD. Long-term effect of perinatal and postnatal asphyxia on developing human auditory brainstem responses, peripheral hearing loss. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1995; 33: 225-238.
17. Jiang ZD. Maturation of peripheral and brainstem auditory function in the first year following perinatal asphyxia: a longitudinal study. *J Speech Hear Res* 1996; 41 (1): 83-93.
18. Johnson JL, White KR, Widen JE, Gravel JS, James M, Kennellay T, et al. A multi-center 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.
19. Joint Committee on Infant Hearing (Special Article). Year 2000 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics* 2000; 106(4): 798-817.
20. Joint Committee on Infant Hearing. Year 2007 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *American Academy of Pediatrics. Pediatrics* 2007; 120 (4): 898-921.

21. Lin HC, Shu MT, Chang KC, Bruna SM. A universal newborn hearing screening program in Taiwan. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2002; 63: 209-218.
22. Lin HC, Shu MT, Lee KS, Lin HY, Lin G. Reducing false positives in newborn hearing screening program: How and why. *Otol Neurotol* 2007; 28: 788-792.
23. Majnemer A, Rosenblatt B, Riley P. Prognostic significance of the auditory brainstem evoked response in high risk neonates. *Dev Med Child Neurol* 1998; 30: 43-52.
24. Mason JA, Hermann KR. Universal infant hearing screening by automated auditory brainstem response measurement. *Pediatrics* 1998; 101(2): 221-228.
25. Maxon AB, White KR, Behrens TR, Vohr BR. Referral rates and cost efficiency in a universal newborn hearing screening program using transient evoked otoacoustic emissions. *J Am Acad Audiol* 1995; 6: 271-277.
26. Mehl AL, Thomson Y. The Colorado newborn hearing screening project, 1992-1999: on the threshold of effective population-based universal newborn hearing screening. *Pediatrics* 2002; 109(1). (www.pediatrics.org/cgi/content/full/109/1/e7)
27. Meier S, Narabayashi O, Probst R, Schmuziger N. Comparison of currently available devices designed for newborn hearing screening using automated auditory brainstem and/or otoacoustic emission measurements. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2004; 68: 927-934.
28. Moller AR, Janetta FJ. Neural generators of the auditory brainstem response. In Jacobson JT (ed) *The Auditory Brainstem Response*. Boston, College Hill, 1985, pp 13-31.
29. Musiek FE, Charette L, Morse D, Baran JA. Central deafness associated with a midbrain lesion. *J Am Acad Audiol* 2004; 15: 133-151.
30. National Institutes of Health. NIH Consensus Development Program. Early identification of hearing impairment in infants and young children. NIH Consensus Statement 1993; 11: 1-24 (http://consensus.nih.gov/cons/052/032_intro.htm).
31. Norton SJ, Gorga MP, Widen JE, Folsom RC, Slinger Y, Cone-Wesson B, et al. Identification of neonatal hearing impairment: evaluation of transient evoked otoacoustic emission, distortion product otoacoustic emission and auditory brain stem response test performance. *Ear Hear* 2000; 21: 508-528.
32. Parente P, Martinez A, Garcia B. Potenciales evocados auditivos del tronco cerebral automatizados. En: Ministerio de Sanidad y Consumo, Libro Blanco sobre Hipoacusias, editor. Madrid: MSC; 2003. p. 89-110.
33. Slinger YS, Cone-Wesson B, Folsom RC, Gorga MP, Vohr BR, Widen JE, et al. Identification of neonatal hearing impairment: Auditory brain stem responses in the perinatal period. *Ear Hear* 2000; 21: 383-399.
34. Stapells DR. Threshold estimation by the tone-evoked ABR: A literature meta-analysis. *J Speech-Language Pathol Audiol* 2000; 24 (2): 74-83.
35. Stevens J, Wood S. NHSP in England: Screening equipment. Paper presented at the International Newborn Hearing Screening Symposium, Como, Italy, 2004.
36. Stockard JE, Stockard JJ, Kleinberg F, Westmoreland BF. Prognostic value of brainstem auditory evoked potentials in neonates. *Arch Neurol* 1983; 40: 360-365.
37. Sutton GJ, Gleadle P, Rowe SJ. Tympanometry and otoacoustic emissions in a cohort of special care neonates. *Br J Audiol* 1996; 30: 9-17.
38. Van Straaten HJM, Grooten ME, Oudesluys-Murphy AM. Evaluation of an automated auditory brainstem response infant hearing screening method in at risk neonates. *Eur J Pediatr* 1996; 155: 702-705.
39. Vohr BR, Dh W, Stewart EJ, Bentkover JD, et al. Comparison of cost and referral rates of 3 universal newborn hearing screening protocols. *The Journal of Pediatrics* 2001; 139(2): 238-244.
40. White KR, Vohr BR, Meyer S, Widen JE, Johnson JL, Gravel JS, et al. A multisite study to examine the efficacy of the otoacoustic emission/automated auditory brainstem response newborn hearing screening protocol: Research design and results of the study. *Am J Audiol* 2005; 14: S185-S199.
41. Widen JE, Folsom RC, Cone-Wesson B et al. Identification of neonatal hearing impairment: Hearing status at 8 to 12 months corrected age using a visual reinforcement audiometry protocol. *Ear Hearing* 2000; 21: 471-487.