# Potenciales evocados auditivos

Germán Trinidad, Gabriel Trinidad y Eduardo de la Cruz
Unidad de Sorderas. Servicio de Otorrinolaringología. Complejo Hospitalario Universitario Infanta Cristina. Badajoz. España.
usbadajoz@terra.es

## Puntos clave

- Características fundamentales de los potenciales evocados auditivos de tronco cerebral:
- Los potenciales de tronco son fundamentales en los programas de detección temprana de hipoacusias.
- Son una prueba objetiva que permite un diagnóstico cuantitativo y cualitativo de las hipoacusias y no se afectan por la sedación.
- Sin embargo, no pueden considerarse como una audiometría auténtica, ya que sólo estudian las frecuencias agudas.
- Un resultado normal no garantiza la adquisición del lenguaje oral. Su normalidad no exime, por tanto, de una vigilancia permanente de la audición y el lenguaje en niños pequeños.

En la etapa electroencefalográfica, destaca la labor de Hans Berger[1], quien en 1929 logra reflejar una actividad electroencefalográfica tras una estimulación sonora intensa. Identifica un ritmo alfa que se modifica con la actividad mental y la estimulación visual o sonora. Más tarde, Adrian y Matheus, confirman y nombran a esas ondas ritmo de Berger, en honor a su descubridor.
El desarrollo de la informática relanzó el estudio de los potenciales evocados y es cuando podemos hablar de una segunda etapa, la de la promediación. Los pioneros fueron Geisler, Frishkopf y Rosenblith[2]. En 1978 puede afirmarse que se han explorado todos los puntos de la vía auditiva.
En la audiología infantil, los potenciales evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC) permiten tener una idea objetiva de la audición, la intensidad de su pérdida y la localización de la lesión. Los programas de detección temprana de hipoacusias no serían posibles sin ellos.

## DEFINICIÓN

Son un método cualitativo y cuantitativo de registro de la actividad generada por el sistema nervioso auditivo central en el tronco como respuesta a la estimulación acústica.

**Fundamentos**[3]
Consiste en la estimulación de la vía auditiva mediante un clic (estimula la mayor parte de la cóclea, sobre todo las zonas con frecuencia superior a 1.500 Hz). Este estímulo mecánico se transforma en el órgano de Corti en un estímulo eléctrico que recorre la vía auditiva hasta alcanzar la corteza cerebral.
Desde que se estimula el órgano de Corti hasta la llegada de la información al córtex transcurren aproximadamente 300 ms, y este período se denomina latencia.
En función de qué segmento de tiempo estudiamos dentro de esa latencia, podemos clasificar los potenciales evocados en (Davis, 1976):

— Microfónicos cocleares: estudia la actividad eléctrica coclear, por lo que la latencia es 0.
— Electrococleografía: 1-4 ms.
— PEATC: 2-12 ms.
— Potenciales estado estable: 2-12 ms.

***Tabla 1.*** *Criterios de diagnóstico de los PEATC según las latencias e interlatencias de las ondas*

| | Hipoacusia de transmisión | Hipoacusia coclear | Hipoacusia retrococlear |
|---|---|---|---|
| Latencias | Todas aumentadas (desplazadas) | Normales Desaparición V a determinada intensidad | Normales I Aumentada III y/o V |
| Interlatencias | Normales | Normales | Aumentadas |

PEATC: potenciales evocados auditivos de tronco cerebral.

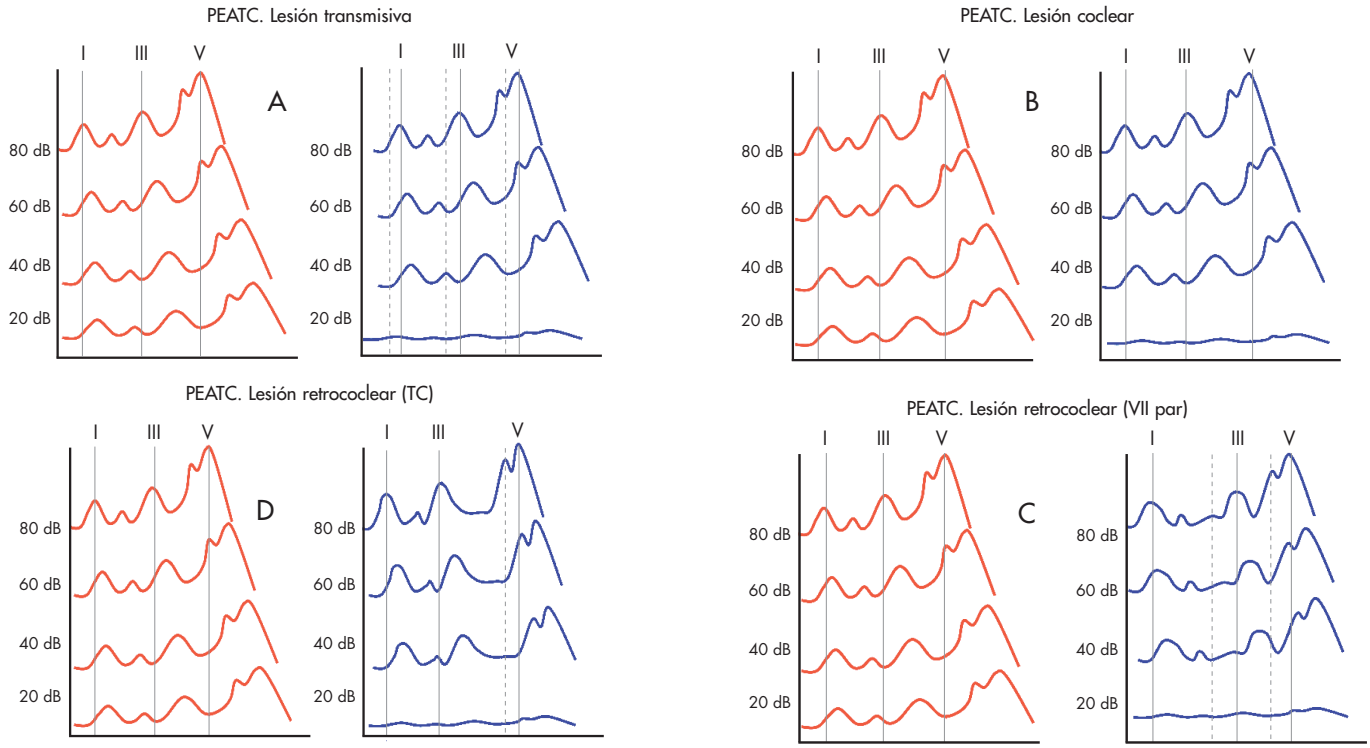


***Figura 1.*** *Diagnóstico topográfico empleando pontenciales evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC). En estos cuatro casos se representa una hipoacusia de oído izquierdo con umbral entre 20 y 40 dB debida a lesión transmisiva (A), coclear (B), retrococlear por alteración en el tronco cerebral (C) y retrococlear por alteración en el VIII par (D). En rojo se colorean las ondas del oído derecho y en azul, las del izquierdo. En cada caso, el gráfico incluye las obtenidas con estímulos de 80, 60, 40 y 20 dB. Obsérvese la desaparición de la onda V a 20 dB en el oído afectado. Para representar el desplazamiento de las ondas, las líneas verticales continuas marcan la latencia en cada supuesto, y las discontinuas, la latencia que sería normal en cada caso.*

— Potenciales de latencia media: 15-50 ms.
— Potenciales de latencia larga: 50-300 ms.

En el campo de la pediatría, y con mayor utilidad en la audiología, debemos considerar los PEATC[4-8]; los de latencia media y los corticales necesitan la colaboración del paciente, difícil de lograr en niños pequeños, y sobre todo estos últimos están más relacionados con la neurología que con alteraciones del órgano periférico de la audición.
La vía auditiva consta de una serie de estaciones nerviosas, que deberá recorrer el estímulo y que identificaremos en el trazado obtenido como:

— Onda I: actividad eléctrica del ganglio espiral.
— Onda II: parte posterior del núcleo coclear anteroventral y zona anterior del núcleo coclear posteroventral.
— Onda III: parte anterior del núcleo coclear anteroventral ipsilateral y núcleo medial del cuerpo trapezoide contralateral.
— Onda IV: células isolaterales y contralaterales de la oliva medial superior.
— Onda V: células del lemnisco lateral y/o colículo inferior.

**Utilidad clínica**
Los PEATC constituyen una herramienta fundamental en los programas de detección temprana de sorderas, como apoyo de las otoemisiones acústicas y microfonía coclear.
Asimismo, representa un método de diagnóstico diferencial de la hipoacusia, y dota de especial eficacia al diagnóstico de hipoacusias cocleares y retrococleares, sobre todo en niños pequeños y en casos en los que es difícil obtener resultados de una audiometría (simuladores, disminuidos psíquicos).
Constituyen una herramienta de gran ayuda en el equipamiento audioprotésico y, por tanto, en conseguir una estimulación auditiva temprana en niños hipoacúsicos.

## PROCEDIMIENTO E INTERPRETACIÓN

El paciente debe permanecer tranquilo y relajado, por ello, en niños y en individuos excitables o inquietos la prueba debe realizarse con sedación (consejo para los pacientes).

Se coloca un electrodo en cada mastoides (referencia ipsilateral y tierra contralateral) y otro electrodo activo en la frente, tras limpiar la piel para mejorar la impedancia, que se acoplan con pasta transductora que facilita la transmisión de la actividad eléctrica y se fijan a la piel con esparadrapo o con pastas autoadhesivas[9].
El estímulo sonoro se suministra a través de unos auriculares convencionales, intracanal o vibrador óseo, estableciendo previamente el número de clics/s, la morfología, la duración y la intensidad a convenir.
En nuestro servicio, se realizan sistemáticamente 4 registros por oído utilizando las intensidades de 80, 60, 40 y 20 dB HL. Si el individuo oye el sonido, se producen las ondas de PEATC. Si se quiere detectar el umbral de audición, se va descendiendo la intensidad de los estímulos 10 dB hasta dejar de reconocer la onda V en el registro[10].
Cuanto más intenso sea el estímulo sonoro, mayor es la amplitud y la definición de las ondas, y menor su latencia; de igual modo, a mayor número de clics/s, más se alarga la latencia de las ondas y menor es su amplitud.
Una vez obtenido el trazado, mediremos las latencias de cada onda y las interlatencias absolutas (I-III, I-V y III-V, comparado con individuos sanos) y relativas (comparación de los resultados del oído enfermo con respecto al sano en lesiones unilaterales o bilaterales asimétricas).
Las latencias e interlatencias permiten realizar un diagnóstico topográfico y cuantitativo[11]. Las latencias normales a 80 dB de intensidad sonora en individuos adultos sanos en nuestro medio son:

— Onda I: 1,5 ms.
— Onda III: 3,75 ms.
— Onda V: 5,5 ms.

En los niños, estas latencias están aumentadas hasta aproximadamente el año de edad[12,13].
El valor de las interlatencias normales es:

— I-III: 2,25 ms.
— I-V: 4 ms.
— III-V: 1,75 ms.

De esta forma, podemos efectuar un diagnóstico topográfico de la hipoacusia, como puede verse en la figura 1 y la tabla 1.

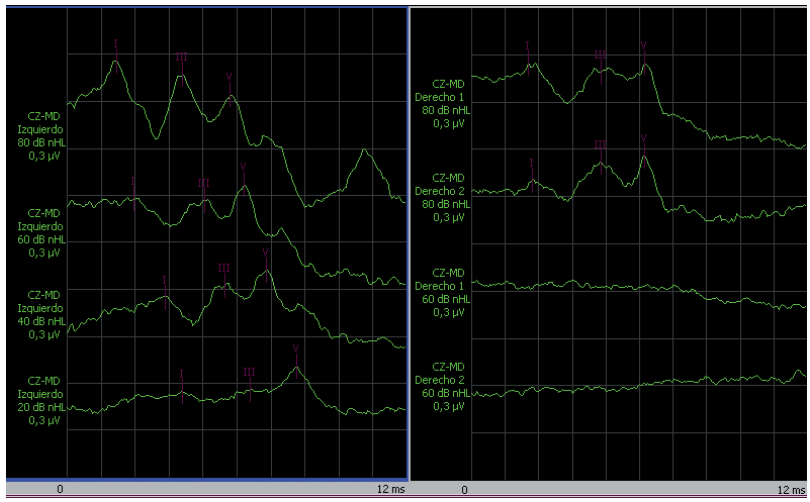


***Figura 2.*** *Potenciales evocados auditivos de un niño de 3 meses, con una hipoacusia grave de oído derecho (onda V sólo visible a 80 dB) y oído izquierdo normal.*

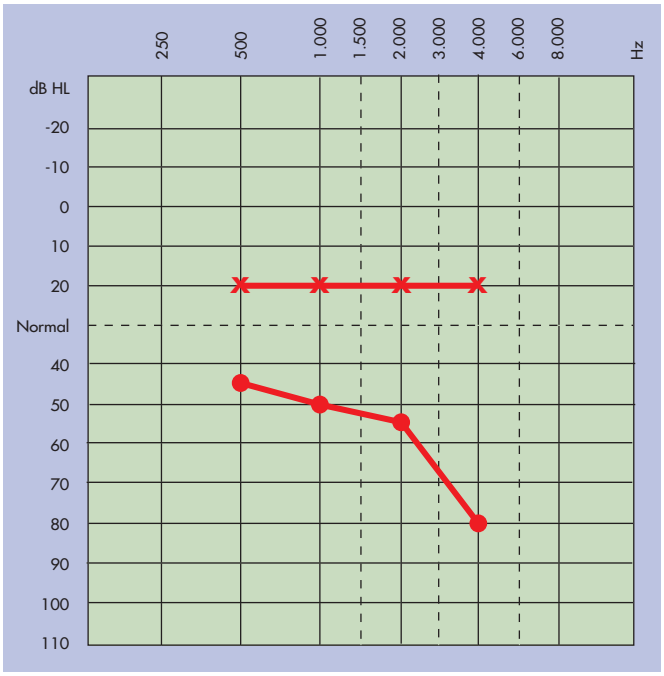


***Figura 3.*** *Potenciales de estado estable del niño anterior.*

El diagnóstico cuantitativo se realiza con la identificación de la onda V, que es la última en desaparecer y la que se visualiza con más facilidad. El umbral audiológico estará relacionado con la intensidad menor con la que se identifica esta onda (fig. 2). Cada unidad debe comprobar sus propios parámetros, ya que los equipos o el lugar de realización puede modificarlos.
Una variante más reciente de los potenciales evocados auditivos clásicos son los PEATC automáticos, cuya particularidad es que el aparato, a través de unos algoritmos matemáticos, detecta si hay respuesta eléctrica evocada tras unos milisegundos después de la estimulación. Estos potenciales automáticos se utilizan como procedimiento de cribado auditivo en los programas neonatales, en los que se realiza la valoración de la prueba con 3 posibles resultados: "pasa" (potenciales normales), "referencia" (potenciales patológicos) y "rechazo" (malas condiciones de realización de la prueba).
Finalmente, mencionar los potenciales evocados auditivos de estado estable, que rastrean la respuesta eléctrica en un abanico de tonos puros que pueden remedar, con salvedades, un audiograma.

Esta técnica ayuda en el diagnóstico audiológico a los PEATC convencionales y permite una valoración del umbral audiológico no estudiado con ellos, especialmente las frecuencias graves (fig. 3).

## VENTAJAS

— Se trata de una prueba no invasiva y cuyos resultados no se ven afectados por la sedación del paciente.
— Permite diagnosticar con bastante precisión la enfermedad auditiva, sobre todo en los casos en que es difícil obtener tal resultado mediante pruebas subjetivas (niños, simuladores o disminuidos psíquicos).
— La onda V está presente desde el nacimiento.
— La latencia de la onda V es tanto menor cuanto mayor lo sea la intensidad sonora.
— Reproducibilidad.

## INCONVENIENTES

Como cualquier exploración en enfermedad auditiva, debe valorarse en un contexto general, puede per se carecer de capacidad diagnóstica definitiva, es decir:

*a)* Un resultado "normal" en los PEATC no lleva implícito un desarrollo normal del lenguaje, puesto que la génesis de éste es multifactorial. De igual modo, un individuo con PEATC normales puede ser hipoacúsico grave si su lesión asienta por encima del tronco encefálico.
*b)* Una ejecución técnica inadecuada de la prueba puede relegarnos a diagnósticos incorrectos (colocación errónea de los electrodos, inadecuada sedación, etc.).
*c)* No pueden considerarse una audiometría.

## COMPARACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS AUDIOLÓGICAS

Cuando hay distintas técnicas para valorar una misma función biológica, es importante conocer cómo se relacionan entre sí

***Tabla 2.*** *Diferencias en el umbral audiológico obtenido por PEATC y audiometría tonal o potenciales de estado estable*

| | Diferencia media de umbral (dB HL) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Oído derecho | | Oído izquierdo | |
| | PEATC-audiometría | PEEMF-PEATC | PEATC-audiometría | PEEMF-PEATC |
| 500 Hz | 5,77 | 7,83 | 4,23 | 9,04 |
| 1.000 Hz | 3,16 | 5,69 | 3,13 | 7,28 |
| 2.000 Hz | 3,33 | 3,95 | 3,85 | 5,97 |
| 4.000 Hz | 3,82 | 4,89 | 1,97 | 5,08 |

PEATC: potenciales evocados auditivos de tronco cerebral.
Como puede verse, las diferencias son menores en las frecuencias agudas.

estas pruebas, y qué variables pueden provocar diferencias en ellas, de tal forma que sirvan como complementos en el estudio de un paciente audiológico. Por ello, especialmente en niños, los PEATC deben completarse con otras pruebas objetivas y subjetivas, y el diagnóstico definitivo debe basarse en varias pruebas repetidas varias veces. En la tabla 2 se muestra una comparativa de distintas pruebas audiológicas.
En este sentido, a continuación resumimos los resultados de un estudio, realizado en nuestro servicio, de comparación del umbral audiológico empleando distintas técnicas.

**PEATC-audiometría**
En una muestra de 100 oídos, se encontró una diferencia de entre 2 y 6 dB según las frecuencias. Estas diferencias se asociaron con unos índices de correlación de 0,8 ($p < 0,001$).

**PEATC-potenciales de estado estable**
Se valoró la audición de 540 oídos, y se encontraron las diferencias referidas en la tabla 2. En este caso, es importante resaltar que las diferencias encontradas varían según el umbral, y resultan mucho mayores en individuos normales, e incluso se invierten en el caso de hipoacusias graves.

**PEATC-otoemisiones**
En una muestra de 1.080 oídos, el umbral medio obtenido con PEATC en los oídos sin otoemisiones (OEA) es de 65,7 dB, mientras que en los que tienen OEA normales es de 27 dB.

## LIMITACIONES

— Hipoacusias de más de 80 dB o selectivas (sobre todo en tonos graves). Para estas lesiones, es mejor emplear los potenciales de estado estable o las técnicas subjetivas, si la edad del paciente lo permite.
— Lesiones superiores al lemnisco lateral. Es preciso ampliar la ventana de recogida de potenciales (potenciales de latencia media o corticales), que se verán influidos por la sedación, o emplear técnicas de imagen (sobre todo resonancia magnética [RM]).
— Lesiones de pequeño tamaño. Para estas lesiones es mejor emplear la RM.
— El individuo debe estar relajado. Si hay demasiada actividad cerebral, o movimientos cervicales u oculares, se producen interferencias que limitan en gran medida la utilidad de la técnica. Puede ser necesario administrar algún tipo de sedación (nosotros empleamos benzodiacepinas en adultos y clorhidrato en niños).
— Puede afectarse por factores externos, como edad del paciente (maduración neuronal) y relajación de éste, por lo que la valoración de los PEATC debe complementarse con otras técnicas, y su realización debe estar a cargo de personal entrenado.

## INFORMACIÓN AL PACIENTE

Los potenciales evocados auditivos recogen la actividad eléctrica que se desencadena como respuesta a un estimulo sonoro repetido, logran, de una manera incruenta, averiguar el funcionamiento del oído, y permiten saber si hay o no algún tipo de enfermedad, sin que el paciente tenga que colaborar, salvo mantenerse quieto y relajado durante toda la exploración que suele durar una media hora.

Consejos para realizar la prueba en adultos y niños mayores de 4 años:
*1*. Si usted es muy nervioso/a, es conveniente que se tome algún tipo de tranquilizante (benzodiacepina) que le permita estar tranquilo mientras se está explorando, aunque habitualmente no es necesario, ya que la prueba es inofensiva y no molesta. (Algunas personas se duermen en el trascurso de ésta.)
*2*. La piel de la zona posterior de las orejas y la frente será limpiada con una pasta abrasiva que provocará un enrojecimiento de la piel y una leve molestia, pues en esa zona se situarán los electrodos. No se ponga cremas ni ningún tipo de maquillaje en esas zonas.
*3*. Estará tumbado en una camilla de exploración hasta terminar la recogida de respuestas y, durante ese tiempo, debe permanecer quieto, sin mover el cuello, los párpados o tragar saliva, pues todo ello ocasiona artefactos que alargan la prueba.
*4*. Es fundamental que tenga el mínimo de actividad cerebral y, para ello, lo mejor es que intente dormirse. Si no puede, evite pensar en cosas que le provoquen ansiedad, como problemas familiares o de trabajo. Una excesiva actividad cerebral impedirá el registro adecuado de los potenciales y provocará la necesidad de repetir la prueba otro día.
*5*. La prueba es tan inofensiva que si quiere puede venir solo a la exploración, si es mayor de edad.

Consejos para realizar la prueba a niños menores de 1 año:

*1*. Si el que va a explorarse es su hijo y tiene pocos meses, no lo deje dormir durante 4-6 h antes de la prueba.
*2*. No le dé alimentos hasta que esté en el local donde se van a realizar los potenciales y el personal de enfermería le haya limpiado la piel y puesto los electrodos.
*3*. Si el niño llora al limpiarle la piel o ésta se pone roja, no se asuste, no está sufriendo ningún daño.
*4*. Tendrá que dormir al niño. Si el niño duerme en su cochecito, ha de traerlo a la consulta. También puede dormir en sus brazos o en la camilla de exploraciones. Una vez dormido, es indiferente donde esté.
*5*. Si el niño no se duerme, no se puede realizar la prueba con garantía y tendrá que venir otro día.
*6*. Una vez terminada la prueba, no necesita tomar ninguna precaución.

Consejo para realizar la prueba a niños que no se duermen de forma espontánea:

*1*. La noche antes de la prueba, acuéstelo muy tarde y no lo deje dormir.
*2*. El día de la prueba, levántelo muy temprano y no permita que se duerma hasta que llegue al lugar de la prueba.
*3*. Una vez limpiada la piel, intente dormirlo si demuestra mucho sueño.
*4*. Si el niño no se duerme de manera espontánea, hay que administrarle hidrato de cloral por vía oral o rectal, que le producirá sueño en unos minutos.
*5*. Una vez terminada la prueba, deberá permanecer en la consulta hasta que el niño se despierte.
*6*. Una vez despierto, puede hacer su vida normal, pero tendrá que tener precauciones durante unas 3-4 h, y no dejar que el niño esté cerca de escaleras o sitios que pueda dañarse si se cae. Lo mejor es,

una vez despierto, dejarle dormir nuevamente si sigue teniendo sueño (el hidrato de cloral produce sueño durante 30-40 min).

7. En pocas ocasiones puede ocurrir que el niño no se duerma, en cuyo caso hay que realizar un nuevo intento al cabo de unos días.

## BIBLIOGRAFÍA

● Importante ●● Muy importante

■ Epidemiología

1. Berger H. Über das Elektrencephalogramm des Menschen. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheinten. 1929;87:527-70.
2. Geisler CD, Frishkopf LS, Rosenblith WA. Extracrenial response to acoustic clicks in man. Science. 1958;128:1210-1.
3. ●● **Abramovich S. Electric response audiometry in clinical practice. Edinburg: Churchill Livingstone; 1990.**
4. Duara S, Suter CM, Bessard KK, Gutberl RL. Neonatal screening with auditory brainstem responses: results of follow-up auditometry and risk factor evaluation. J Pediatr. 1986;108:276-81.
5. Karmel BZ, Gardner JM, Zapulla RA, Magnano CL, Brown EG. Brain-stem auditory evoked responses as indicators of early brain insult. Electroencephalor Clin Neurophysiol. 1988;71:429-42.
6. Levi H, Tell L, Feinmesser M, Gafni M, Sohmer H. Early detection of hearing loss in infants by auditory nerve and brain stem responses. Audiology. 1983;22:181-8.
7. Watkin PM, Baldwin M, McEnery G. Neonatal at risk screening and the identification of deafness. Arch Dis Child. 1991;66:1130-5.
8. Rivera T, Coveta I. Hospital Universitario Príncipe de Asturias, Universidad de Alcalá. Screening auditivo en niños con factores de riesgo de hipoacusia en el Área 3 de Madrid. Acta de Otorrinolaringología Esp. 2001;52:447-52.
9. ● **IFCN recommended standards for brain-stem auditory evoked potentials. Report of an IFCN committee. Electroenceph Clin Neurophisiol. 1994;91:12-7.**
10. ● **Abramovic S. The Auditory brainsten response. En: Electric response audiomtry in clinical practice. Cap. 6. Edinburg: Churchil Livingstone; 1990.**
11. Barajas JJ. La respuesta normal de los potenciales evocados acúticos de tronco cerebral. Acta Otorrinolaringol Española. Ponencia Oficial. 1983. p. 105-14.
12. Rodríguez Sáenz E, Otero Costas J. Maduración de la respuesta auditiva del troncocerebral. Rev Neurofisiol Clin. 1990;3:3-4.
13. Peters J. An Automated infant screener using advanced evoked response technology. Hearing J. 1987;39:25-30.