

Potenciales evocados auditivos de latencia media en el niño críticamente enfermo: estudio preliminar

A. Lamas Ferreiro, J. López-Herce Cid, L. Sancho Pérez, S. Mencía Bartolomé, R. Borrego Domínguez y A. Carrillo Álvarez

Sección de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid. España.

Antecedentes

Los potenciales evocados auditivos (PEA) recogen los cambios en las ondas auditivas cerebrales frente a un estímulo sonoro y estiman el grado de actividad eléctrica cerebral. Los potenciales de latencia media o respuesta cortical temprana se correlacionan con las variaciones del estado de conciencia. Los PEA se han utilizado para valorar la hipnosis durante la cirugía, pero existe poca experiencia en el paciente crítico.

Objetivo

Analizar la utilidad de la monitorización con PEA de latencia media en niños críticamente enfermos.

Métodos

Se monitorizó el estado de conciencia mediante los PEA colocando unos auriculares de emisión de sonidos y 3 sensores en región frontal y preauricular. Simultáneamente se recogió la puntuación de la escala clínica de sedación COMFORT y el Índice Biespectral (BIS), analizándose la puntuación de los PEA y su relación con los otros parámetros de sedación en niños en distintas situaciones clínicas.

Resultados

Se estudiaron 6 niños críticamente enfermos en los que los PEA ayudaron a valorar el estado de conciencia: sedación superficial, sueño espontáneo, sedación profunda, sedación en el paciente relajado y muerte cerebral. Los PEA mostraron una buena correlación con las escalas clínicas y el BIS en los casos de sedación superficial y profunda, y diagnosticaron precozmente un paciente con muerte cerebral. En un paciente relajado los PEA permitieron detectar la infrasedación. En un caso se observó que el marcapasos cardíaco producía interferencias en la medición de los potenciales evocados.

Conclusión

Los PEA pueden ser útiles en la valoración del estado de conciencia y sedación de los niños críticamente enfermos.

Son necesarios estudios amplios que analicen su fiabilidad y limitaciones en las diferentes edades.

Palabras clave:

Potenciales evocados auditivos. Sedación. Estado de conciencia. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.

MIDDLE LATENCY AUDITORY EVOKED POTENTIALS IN CRITICAL CARE CHILDREN: PRELIMINARY STUDY

Background

Middle latency auditory evoked potentials (MLAEP) reflect changes in electroencephalogram waves after an auditory signal and represent the earliest cortical response to acoustic stimulus. They are therefore used to measure variations in the level of consciousness. MLAEP have been used to measure the depth of anesthesia during surgical procedures, but experience in critical care patients is very limited.

Objective

To analyze the utility of MLAEP for monitoring the level of sedation in critically ill children.

Methods

Level of consciousness was monitored through MLAEP by placing special headphones and three sensors situated in the frontal and preauricular regions. Simultaneously, the level of sedation was measured using the COMFORT scale and the Bispectral Index (BIS) in distinct clinical situations.

Results

We studied six critically ill children in whom MLAEP helped us to evaluate the level of consciousness: light sedation, natural sleep, deep sedation, sedation in a paralyzed child, and brain death. MLAEP showed a good corre-

Correspondencia: Dr. J. López-Herce Cid.
Sección de Cuidados Intensivos Pediátricos.
Hospital General Universitario Gregorio Marañón.
Dr. Castelo, 47. 28009 Madrid. España.
Correo electrónico: pielvi@ya.com

Recibido en diciembre de 2005.

Aceptado para su publicación en enero de 2006.

lation with the COMFORT scale and BIS in light and deep sedation and were effective in the early detection of brain death in one patient. In the paralyzed patient, MLAEP was able to detect undersedation. In one patient, a pacemaker interfered with the MLAEP signal.

Conclusions

MLAEP can be useful in evaluating the level of consciousness and sedation in critically ill children. Further studies with larger samples are required to analyze the limitations and reproducibility of this type of monitoring in children of different ages.

Key words:

Auditory evoked potentials. Sedation. Level of consciousness. Pediatric critical care unit.

INTRODUCCIÓN

La sedación es una parte fundamental del tratamiento del niño críticamente enfermo¹ y tiene como objetivos fundamentales reducir la ansiedad, agitación y sufrimiento, disminuir la exagerada respuesta endocrinometabólica ante las situaciones de estrés, conseguir una adecuada sincronización a la ventilación mecánica y permitir la realización de pruebas diagnósticas y procedimientos invasivos². La obtención de un adecuado grado de sedación requiere la administración de agentes sedantes y un control cuidadoso de su respuesta. Numerosos artículos han mostrado la importancia de una adecuada sedación y analgesia en la disminución de la morbimortalidad en los pacientes críticos³. La sobrededación también tiene riesgos, como la depresión cardiovascular y respiratoria, la prolongación de la ventilación mecánica y la dificultad en la valoración neurológica^{4,5}. A pesar de su importancia, existen pocos instrumentos que permitan valorar de manera adecuada el grado de sedación en el niño críticamente enfermo. Las escalas clínicas de sedación, como la de Ramsay, COMFORT o escala de Sedación-Agitación, presentan limitaciones ya que su valoración es subjetiva y en general son poco sensibles para objetivar cambios en la profundidad del grado de sedación, sobre todo cuando el enfermo está profundamente sedado o relajado⁶⁻⁸.

En los últimos años se han desarrollado algunos métodos más objetivos, como el Índice Biespectral (BIS) basado en el análisis del electroencefalograma (EEG) que se empleó inicialmente en anestesia y que en los últimos años se está aplicando en pacientes críticos⁹.

También se ha demostrado que los potenciales evocados auditivos (PEA) de latencia media, se correlacionan bien con el estado de conciencia¹⁰. Los PEA se han utilizado sobre todo para valorar la profundidad de la anestesia durante la cirugía en adultos¹¹⁻¹³ y niños¹⁴.

Existen muy pocos trabajos que valoren su utilidad en los pacientes críticos adultos¹⁵⁻¹⁷. Esta técnica no ha sido validada en niños pequeños y no se ha encontrado nin-

guna referencia sobre su utilización en niños críticamente enfermos.

El objetivo de este trabajo ha sido analizar la utilidad de los PEA de latencia media en la valoración del estado de conciencia y sedación en niños críticamente enfermos y estudiar factores que limiten su validez o utilización.

PACIENTES Y MÉTODOS

Se estudiaron 6 niños críticamente enfermos sometidos a ventilación mecánica con distintos estados de conciencia. En todos ellos se valoró el grado de sedación mediante la escala clínica COMFORT, el BIS con el monitor BIS modelo XP (Aspect Medical Systems, Newton, MA, USA) mediante el sensor pediátrico de BIS en menores de un año y el sensor "BIS Quatro" en mayores de un año, ambos conectados al monitor multiparamétrico Phillips® y los PEA de latencia media mediante el monitor ALARIS AEP® (ALARIS Medical Systems). Se recogieron los siguientes datos: edad, peso, diagnóstico, alteraciones neurológicas previas, frecuencia cardíaca, presión arterial, dosis de fármacos sedantes y relajantes musculares administradas, técnicas aplicadas en el momento del registro (ventilación mecánica, manta térmica, marcapasos cardíaco).

Los PEA de latencia media utilizan un estímulo auditivo repetido (70 dB) transmitido por unos auriculares y recogen los cambios producidos en las ondas auditivas cerebrales. La respuesta evocada auditiva tiene tres partes: respuesta del tronco cerebral, respuesta de latencia media (cortical temprana) y respuesta cortical tardía (fig. 1). En la monitorización de la sedación y el estado de conciencia, la respuesta analizada es la cortical temprana o de latencia media, que se produce en la corteza auditiva primaria entre los 10 y 80 ms tras el estímulo. Las ondas auditivas son recogidas por unos electrodos situados en el epicráneo (se colocan 3 electrodos: uno en la frente debajo de la raíz del cuero cabelludo, otro en la cara externa del ojo y el último delante del pabellón auricular en < 8 años o detrás del mismo en la zona mastoidea en > 8 años)¹⁸ (fig. 2). La señal se amplifica, se procesa en un ordenador y se representa numéricamente en el monitor de PEA con valores entre 0 a 100 (fig. 3). Se miden también los valores del electromiograma, que refleja la actividad de la musculatura frontal y de la tasa de supresión, que es el porcentaje de electroencefalograma (EEG) sin actividad. Además de la información inmediata, el aparato permite guardar los registros para un análisis posterior. Se considera que el paciente tiene un estado de conciencia normal con PEA > 60, sedación superficial con puntuaciones entre 30 y 60, sedación profunda entre 15 y 30 y muy profunda por debajo de 15.

RESULTADOS

Se presenta la monitorización con PEA en seis situaciones clínicas diferentes.

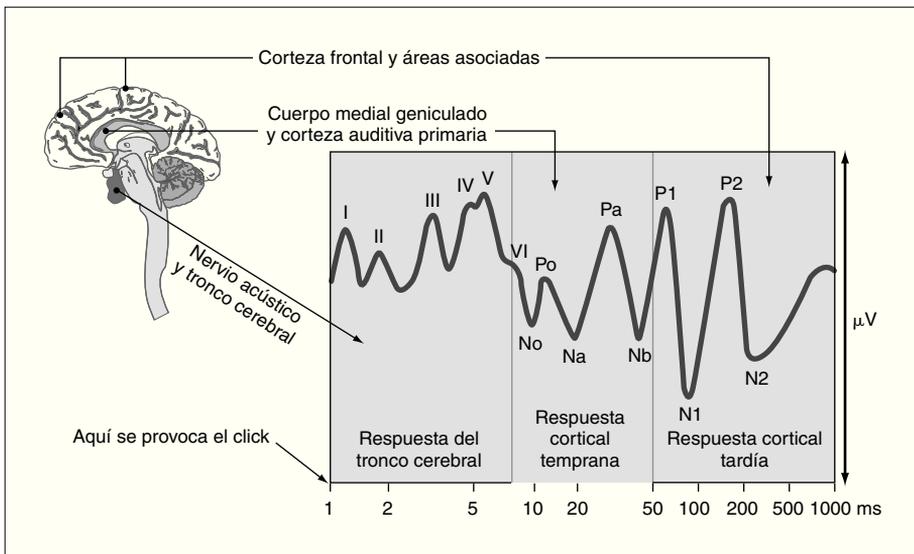


Figura 1. Respuesta evocada auditiva. Se observan tres tipos de respuesta. Respuesta del tronco cerebral, respuesta cortical temprana o de latencia media (la utilizada para valorar el estado de conciencia) y respuesta cortical tardía. Reproducido con permiso de ALARIS Medical Systems: "Respuesta Evocada Auditiva. Una guía sencilla". Christine Thornton PhD. 2001.

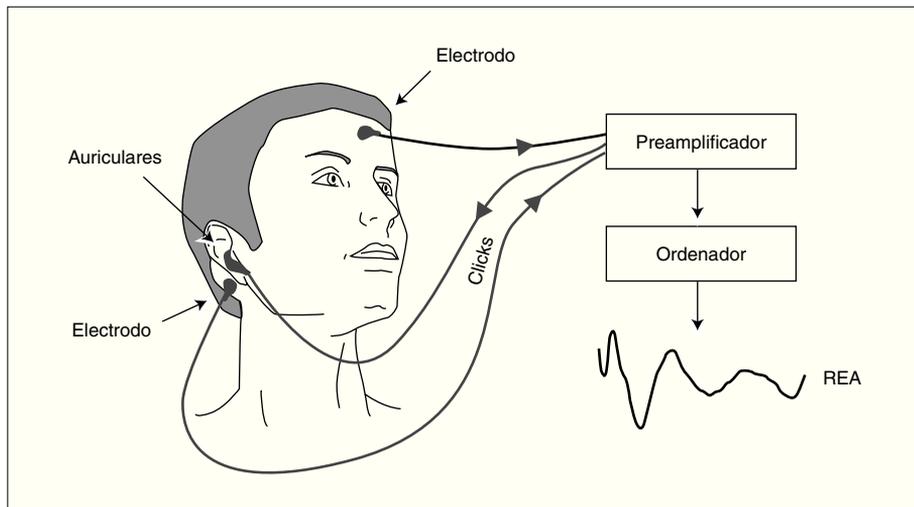


Figura 2. Colocación de los electrodos y auriculares. Reproducido con permiso de ALARIS Medical Systems: "Respuesta Evocada Auditiva. Una guía sencilla". Christine Thornton PhD. 2001.

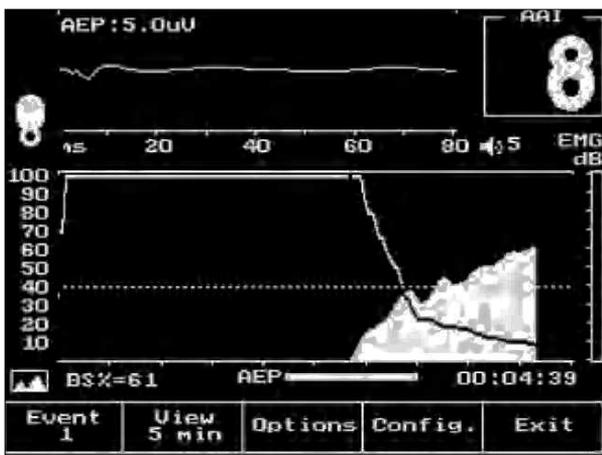


Figura 3. Monitor de potenciales evocados auditivos. AAI: puntuación de PEA; EMG: electromiograma; BS%: tasa de supresión.

Sedación superficial

Niña de 9 meses en el postoperatorio de tetralogía de Fallot, sedoanalgesiada con midazolam (2 µg/kg/min) y fentanilo (2 µg/kg/h). Presentaba una puntuación en la escala clínica COMFORT de 18, PEA de 55 y BIS de 70, valores que corresponden a sedación superficial. Con estímulo táctil la niña se despertó, aumentando la puntuación de COMFORT a 22, los PEA a 70 y el BIS a 90.

Modificación de los PEA con los ritmos de sueño y vigilia

Niño de 8 años en el decimotercer día de postoperatorio de corrección quirúrgica de ventrículo derecho de doble salida. Recibía sedoanalgesia con midazolam (3 µg/kg/min) y fentanilo (3 µg/kg/h), presentando un grado de sedación ligera con puntuación de la escala COMFORT de 21, BIS 82 y PEA 70. Coincidiendo con una

fase de sueño espontáneo presentó un descenso de los PEA hasta 36 y de BIS hasta 42, que aumentaron hasta los niveles previos al despertar al niño.

Sedación profunda

Niño de 5 meses en el postoperatorio de cirugía cardíaca (técnica de Glenn) por síndrome de ventrículo izquierdo hipoplásico, en tratamiento con midazolam (2 µg/kg/min) y fentanilo (2 µg/kg/h), presentando una puntuación en la escala de COMFORT de 10, PEA 11 y BIS 26, todos ellos correspondientes a sedación muy profunda, con buena correlación entre las 3 puntuaciones.

Sedación y relajación muscular

Niño de 2 meses con ventilación mecánica por insuficiencia respiratoria grave secundaria a hemangiomatosis hepatocutánea. Recibía sedoanalgesia con midazolam (6 µg/kg/min) y fentanilo (6 µg/kg/h) y relajación muscular con vecuronio (0,1 mg/kg/h). La valoración de la relajación por el *tren de cuatro* fue de 0 (relajación profunda). La puntuación en la escala de COMFORT fue de 10, lo cual correspondía a sedación profunda, mientras que las puntuaciones PEA fue de 46 y el BIS de 65, compatibles con sedación superficial. Al aumentar la perfusión de midazolam disminuyeron los valores de BIS a 37 y PEA a 12 manteniendo las mismas puntuaciones en la escala clínica COMFORT.

Muerte encefálica

Niña de 4 meses que presenta parada cardiorrespiratoria secundaria a síndrome de muerte súbita del lactante. Tras recuperación de la circulación espontánea, la niña presentó coma arreactivo con pupilas en midriasis fija y ausencia de movimientos espontáneos y de reflejos de tronco. Los valores de PEA fueron desde el principio de 0 con tasa de supresión de 100, mientras que los valores de BIS iniciales oscilaron entre 20 y 30, disminuyendo progresivamente en las horas posteriores.

La ecografía Doppler craneal evidenció disminución de flujo de la arteria cerebral media y anterior. A las 24 h el EEG era isoelectrico, los valores de PEA de 0 y los de BIS de 10, confirmando la muerte cerebral.

Artefactos por marcapasos

Niño de 10 meses en el postoperatorio de canal aurículoventricular completo. En los primeros días del postoperatorio requirió sedoanalgesia con midazolam (4 µg/kg/min) y fentanilo (4 µg/kg/h), así como relajación muscular con vecuronio (0,1 mg/kg/h). La puntuación en la escala de COMFORT era 10, BIS de 40 y PEA de 17. El paciente requirió tratamiento con marcapasos por ritmo nodal. Al iniciar la estimulación con el marcapasos, desapareció la monitorización de los PEA, por efecto de artefactos. La monitorización con PEA reaparecía al apagar transitoriamente el marcapasos.

TABLA 1. Nivel de sedación, escala clínica de COMFORT, puntuaciones de los potenciales evocados auditivos y BIS en los 6 pacientes

Paciente	Estado clínico	PEA	BIS	COMFORT	Sedantes	Relajantes
1	Sedación superficial	55	70	18	Mida 2	No
	Estímulo	70	90	22	Fenta 2	
2	Sueño espontáneo	36	42	18	Mida 3	No
	Vigilia	70	82	21	Fenta 3	No
3	Sedación profunda	11	26	10	Mida2 Fenta 2	No
4	Sedación clínica profunda, pero por PEA y BIS superficial	46	65	10	Mida 6	Sí
	Relajación				Fenta 6	Vecu 0,1
5	Muerte cerebral	0	10	8	No	No
6	Sedación profunda	17	40	10	Mida 4	No
	Marcapasos	No*	42	10	Fenta 4	No

No*: no pueden obtenerse los PEA por artefactos.

PEA: potenciales evocados auditivos; BIS: índice bispectral; Mida: midazolam (µg/kg/min); Fenta: fentanilo (µg/kg/h); Vecu: vecuronio (mg/kg/h).

La tabla 1 recoge las puntuaciones en la escala clínica COMFORT, los valores de PEA y BIS y la dosis de fármacos empleada en los 6 pacientes.

DISCUSIÓN

Los PEA se han utilizado sobre todo para valorar el estado de conciencia durante la anestesia en enfermos adultos^{11,13,19-21}. Un estudio en niños encontró que los PEA eran mejores que las variables hemodinámicas (frecuencia cardíaca y presión arterial), para valorar el grado de sedación anestésica, aunque existió una gran variabilidad interindividual¹⁴. Sólo se han encontrado 3 estudios que analicen la utilidad de los PEA en pacientes críticos adultos¹⁵⁻¹⁷.

Schulte-Tamburen et al¹⁵ compararon los PEA con 5 escalas clínicas de sedación, siendo la escala de Ramsay modificada la que mostró mejor correlación con los mismos¹⁵. Musialowicz et al¹⁷ encontraron que los PEA valoraban mejor los cambios en el estado de conciencia que la escala de Ramsay⁶ en pacientes en el postoperatorio de cirugía cardíaca.

Rundshagen et al¹⁶ compararon la respuesta evocada auditiva y somatosensorial (PESS) con variables fisiológicas durante estímulos realizados en la unidad de cuidados intensivos (succión traqueal y fisioterapia). Los PEA aumentaron con los dos estímulos, mientras que los PESS sólo respondieron a la succión traqueal. Los autores concluyeron que los PESS valoran mejor la analgesia y los PEA la hipnosis¹⁶.

Los PEA tienen como ventajas su sencillez, no invasividad y la facilidad de uso e interpretación. Reflejan la actividad cerebral en respuesta a estímulos y valoran, por tanto, la integridad de las vías del tronco y de la corteza

cerebral. Además, no se alteran por fármacos, como la ketamina, como ocurre con el BIS²². La utilización de los PEA no interfiere con otras monitorizaciones, como el EEG y el BIS²³.

Nuestro estudio es el primero que analiza la utilidad de los PEA en niños críticamente enfermos. En nuestros casos, los PEA tuvieron una buena correlación con el estado de conciencia en estados de sedación superficial, cambios durante el sueño espontáneo, sedación profunda en pacientes no relajados y relajados, e incluso fueron efectivos para la detección precoz de muerte encefálica. En nuestros pacientes con sedación superficial y profunda los PEA tuvieron una buena correlación con la escala clínica de valoración de sedación y con el BIS. No hay estudios previos que hayan estudiado si los PEA se modifican durante el sueño espontáneo. En el paciente número 2 observamos una disminución espontánea y transitoria de los PEA sin cambios en los fármacos sedantes ni los parámetros hemodinámicos, que se relacionó con una fase de sueño profundo.

El paciente 4, que recibía sedación y relajación, presentaba una puntuación clínica compatible con sedación muy profunda mientras que los valores de los PEA y el BIS eran elevados, sugiriendo que este paciente estaba relajado pero poco sedado. En estos enfermos, las escalas de sedación clínica tienen poca utilidad y existe un elevado riesgo de sobresedación o infrasedación, de forma que la monitorización objetiva del estado de conciencia a través del análisis del EEG con los PEA y/o el BIS puede servir para ajustar mejor el tratamiento con sedantes. Esta es, en nuestra opinión, una de las principales indicaciones de la utilización de los PEA en los niños críticamente enfermos.

En la paciente número 5, los PEA fueron muy útiles para la detección de la muerte cerebral, ya que reflejaron precozmente un valor de 0 con una tasa de supresión de 100. En los pacientes con daño cerebral grave los PEA de latencia media son un método que permite valorar rápidamente y de forma no invasiva el estado de conciencia y, con ello, detectar precozmente la muerte cerebral. Esto, permite una mejor información a la familia y acelerar los procesos de donación de órganos.

Sin embargo, la utilización de los PEA en el niño crítico tienen algunas limitaciones. Su algoritmo no ha sido validado en niños menores de 2 años y no se ha analizado la correlación entre las puntuaciones de PEA y el estado de conciencia en los lactantes y niños pequeños. Por otra parte, aunque los PEA pueden utilizarse para la monitorización continua del estado de conciencia, probablemente sean más útiles para la monitorización intermitente prolongada (de unos minutos a unas horas), ya que la estimulación constante con sonidos repetitivos puede ser molesta para pacientes con escaso grado de sedación. Además, es importante conocer que determinados instrumentos como los marcapasos y las mantas de aire caliente y frío, pueden perturbar la señal recogida en los

electrodos e impedir la medición de los PEA como ocurrió en nuestro paciente número 6. En estos casos, si la situación clínica del paciente lo permite, la interrupción de la estimulación del marcapasos durante 30 a 60 s, permite la medición puntual de los PEA.

Concluimos que los PEA de latencia media son un método objetivo y no invasivo que puede ser útil para monitorizar el estado de conciencia y grado de sedación en niños críticamente enfermos. Son necesarios más estudios que analicen la correlación y fiabilidad de este instrumento en niños pequeños, así como su comparación con las escalas clínicas y otros parámetros de monitorización de la sedación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Durbin CG Jr. Sedation of the agitated, critically ill patient without an artificial airway. *Crit Care Clin.* 1995;11:913-36.
2. Bruder N, Lassegue D, Pelissier D, Graziani N, Francois G. Energy expenditure and withdrawal of sedation in severe head-injured patients. *Crit Care Med.* 1994;22:1114-9.
3. Kress JP, Pohlman AS, Hall JB. Sedation and analgesia in the intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:1024-8.
4. Gustafson I, Edgren E, Hulting J. Brain-oriented intensive care after resuscitation from cardiac arrest. *Resuscitation.* 1992;24:245-61.
5. Mirski MA, Muffelman B, Ulatowski JA, Hanley DF. Sedation for the critically ill neurologic patient. *Crit Care Med.* 1995;23:2038-53.
6. Ramsay MA, Savege TM, Simpson BR, Goodwin R. Controlled sedation with alphaxalone-alphadolone. *BMJ.* 1974;2:656-9.
7. Ambuel B, Hamlett KW, Marx CM, Blumer JL. Assessing distress in pediatric intensive care environments: The COMFORT scale. *J Pediatr Psychol.* 1992;17:95-109.
8. Marx CM, Smith PG, Lowrie LH, Hamlett KW, Ambuel B, Yamashita TS, et al. Optimal sedation of mechanically ventilated pediatric critical care patients. *Crit Care Med.* 1994;22:163-70.
9. Grindstaff RJ, Tobias JD. Applications of bispectral index monitoring in the pediatric intensive care unit. *J Intensive Care Med.* 2004;19:111-6.
10. Haenggi M, Ypparila H, Takala J, Korhonen I, Luginbuhl M, Petersen-Felix S, et al. Measuring depth of sedation with auditory evoked potentials during controlled infusion of propofol and remifentanyl in healthy volunteers. *Anesth Analg.* 2004;99:1728-36.
11. Ge SJ, Zhuang XL, He RH, Wang YT, Zhang X, Huang SW. Neuromuscular block with vecuronium reduces the rapidly extracted auditory evoked potentials index during steady state anesthesia. *Can J Anaesth.* 2003;50:1017-22.
12. Kurita T, Doi M, Katoh T, Sano H, Sato S, Mantzaridis H, et al. Auditory evoked potential index predicts the depth of sedation and movement in response to skin incision during sevoflurane anesthesia. *Anesthesiology.* 2001;95:364-70.
13. Barr G, Anderson R, Jakobsson J. The effects of nitrous oxide on the auditory evoked potential index during sevoflurane anaesthesia. *Anaesthesia.* 2002;57:736-9.
14. Weber FBTea. Evaluation of the Alaris Auditory Evoked Potential index as an indicator of anesthetic depth in preschool children during induction of anesthesia with Sevoflurane and Remifentanyl. *Anesthesiology.* 2004;101:294-8.

15. Schulte-Tamburen AM, Scheier J, Briegel J, Schwender D, Peter K. Comparison of five sedation scoring systems by means of auditory evoked potentials. *Intensive Care Med.* 1999;25:377-82.
16. Rundshagen I, Schnabel K, Schulte am Esch J. Midlatency median nerve evoked responses during recovery from propofol/sufentanil total intravenous anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2000;44:313-20.
17. Musialowicz T, Hynynen M, Ypparila H, Polonen P, Ruokonen E, Jakob SM. Midlatency auditory-evoked potentials in the assessment of sedation in cardiac surgery patients. *J Cardiothorac Anesth.* 2004;18:559-62.
18. Thornton C, Sharpe RM. Evoked responses in anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1998;81:771-81.
19. Brunner MD, Nel MR, Fernandes R, Thornton C, Newton DE. Auditory evoked response during propofol anaesthesia after pre-induction with midazolam. *Br J Anaesth.* 2002;89:325-7.
20. Assareh H, Anderson RE, Uusijarvi J, Jakobsson J. Sevoflurane requirements during ambulatory surgery: A clinical study with and without AEP-index guidance. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2002;46:495-9.
21. Maattanen H, Anderson R, Uusijarvi J, Jakobsson J. Auditory evoked potential monitoring with the AAITM-index during spinal surgery: Decreased desflurane consumption. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2002;46:882-6.
22. Vereecke HE, Struys MM, Mortier EP. A comparison of bispectral index and ARX-derived auditory evoked potential index in measuring the clinical interaction between ketamine and propofol anaesthesia. *Anaesthesia.* 2003;58:957-61.
23. Struys MM, Jensen EW, Smith W, Smith NT, Rampil I, Dumortier FJ, et al. Performance of the ARX-derived auditory evoked potential index as an indicator of anesthetic depth: A comparison with bispectral index and hemodynamic measures during propofol administration. *Anesthesiology.* 2002;96:803-16.