

Monitores de profundidad anestésica

Dra. Ana Gabriela Gallardo-Hernández,* Dra. Ana Luisa Hernández-Pérez,**
Dr. José Antonio Sánchez-López,*** Dr. Germán Ordoñez-Espinosa,*** Dr. Sergio Islas-Andrade,*
Dra. Cristina Revilla-Monsalve*

* Unidad de Investigación Médica en Enfermedades Metabólicas, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social.
** Postgrado de la Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México.
*** UMAE Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social.

Solicitud de sobretiros:

Dra. Ana Luisa Hernández-Pérez
Av. Paseo Tollocan Núm. 134,
Toluca de Lerdo, Estado de México, México.
E-mail: aluisahp@gmail.com

Recibido para publicación: 21-01-2016

Aceptado para publicación: 28-03-2016

Este artículo puede ser consultado en versión completa en
<http://www.medigraphic.com/rma>

RESUMEN

Los monitores de anestesia son una herramienta que automatiza el análisis del electroencefalograma (EEG) durante un procedimiento quirúrgico para ayudar al anestesiólogo a determinar la profundidad anestésica de un paciente para individualizar la dosis de anestésico. Se ha demostrado que el uso de los monitores de anestesia reduce hasta un 32% el consumo de anestésico, disminuye la incidencia de despertar intraoperatorio y minimiza el tiempo de emersión, lo que permite realizar rápidamente evaluación neurológica en caso de ser necesario. También se ha demostrado una disminución de 8.5% en la presencia de delirio postquirúrgico y una menor disfunción cognitiva en evaluaciones realizadas tres semanas después de la anestesia.

Palabras clave: Monitor de anestesia, anestesia individualizada, despertar intraoperatorio.

SUMMARY

The anesthesia monitor automates the electroencephalogram analysis during a surgical procedure to help the anesthesiologists to assess the patient's depth of anesthesia to individualize the anesthetic dose. It has been proved that the use of anesthesia monitors reduce up to 32% the drug consumption and the intraoperative awareness incidence. It minimize the emergence time, to allow a rapid neurological assessment if necessary. It has also been proved that it reduces 8.5% the presence of delirium and if produces less cognitive impairment.

Key words: Anesthesia monitor, individualized anesthesia, intraoperative awareness.

INTRODUCCIÓN

La anestesia debe tener un balance ideal y adaptarse a cada uno de los pacientes, para evitar una sobredosificación que pueda tener efectos adversos, así como una subdosificación que pueda provocar despertar intraoperatorio.

Las Guías de Dosificación utilizan como parámetro principal de ajuste el peso del paciente y el anestesiólogo adapta, la dosis para cada paciente. Esta individualización de la anestesia, tiene como objetivo minimizar los efectos secundarios intrínsecos del fármaco, maximizando el efecto clínico. La incidencia global de despertar intraoperatorio en

adultos se calcula de 0.1 a 0.7%⁽¹⁾, y en niños la incidencia de 0.8%⁽²⁾. Si bien la incidencia global puede parecer baja, la incidencia varía según la técnica anestésica⁽¹⁾ y el tipo de cirugía, por ejemplo en las cirugías de trauma es del 11 al 43%⁽³⁾, en cirugía cardíaca del 14 al 23%⁽⁴⁾, y en obstétrica del 0.9 al 5%. La alta incidencia del despertar intraoperatorio en algunas cirugías motivó el diseño de estrategias y tecnología que permitieran eliminar este fenómeno.

Dado que no hay una señal fisiológica directa que se pueda medir a fin de establecer el estado anestésico de un paciente, se buscó un análisis indirecto que pudiera aportar información para individualizar en tiempo real las dosis de los fármacos.

La señal ideal es el electroencefalograma (EEG), ya que se altera significativamente durante la administración de agentes anestésicos; sin embargo, es difícil que el anestesiólogo realice un análisis manual de la señal durante una cirugía, por lo tanto se planteó realizar un análisis automatizado, lo que resultó en el desarrollo de monitores de anestesia, los cuales utilizan diversas técnicas de análisis de señales para correlacionar el EEG con el estado hipnótico del paciente. El primer monitor comercial que se diseñó fue el monitor BIS desarrollado por *Aspect Medical Systems Inc.* (Norwood, MA). El funcionamiento de este monitor se basa en el análisis biespectral de la señal de EEG⁽⁵⁾.

MONITOR BIS

El análisis biespectral se desarrolló originalmente para estudiar señales biofísicas no lineales complejas, como la del movimiento de las olas, los cambios en la presión atmosférica y la actividad sísmica en 1963^(6,7). Es una técnica avanzada de procesamiento de señales la cual cuantifica las no linealidades cuadráticas y su desviación de la normalidad. También cuantifica la interacción entre los componentes de la señal. El análisis biespectral se realiza en la transformada de Fourier, la cual descompone cualquier señal en un conjunto de senoidales, sencillas que al sumarse reconstruyen la señal original⁽⁸⁾.

Los primeros análisis biespectrales del EEG los realizaron en 1971 dos grupos de investigación, el del Dr. Barnett y el del Dr. Dumermuth^(9,10). Para realizar el análisis automatizado en tiempo real se requiere una computadora de gran capacidad de procesamiento a alta velocidad, cuyo precio en aquella época era poco accesible, esto frenó durante varios años el desarrollo de sistemas comerciales para el monitoreo del estado hipnótico.

El abaratamiento de los equipos de cómputo permitió que en 1996 la Compañía *Aspect Medical* lanzara al mercado el monitor BIS. El monitor adquiere las señales del EEG desde un sensor con forma de diadema que se coloca en la frente del paciente y tiene electrodos con el sistema Zipprep[®], el cual permite que la colocación de la diadema sea rápida y eficiente, ya que ayuda a remover las células muertas de la piel para permitir una buena conducción eléctrica. El electrodo está impregnado con un tinte conductor que garantiza una buena captación de las señales de bajo voltaje del EEG⁽¹¹⁾.

El monitor BIS despliega como resultado un número del 0 al 100, donde los números más altos se consideran un estado de vigilia, y en 0 a la línea isoelectrica del EEG. El rango recomendado para cirugía con anestesia general es de 40 a 60, siendo 50 el nivel óptimo. En la figura 1 se puede observar que el índice BIS correlaciona tanto la amplitud como la frecuencia de las ondas del EEG⁽⁵⁾.

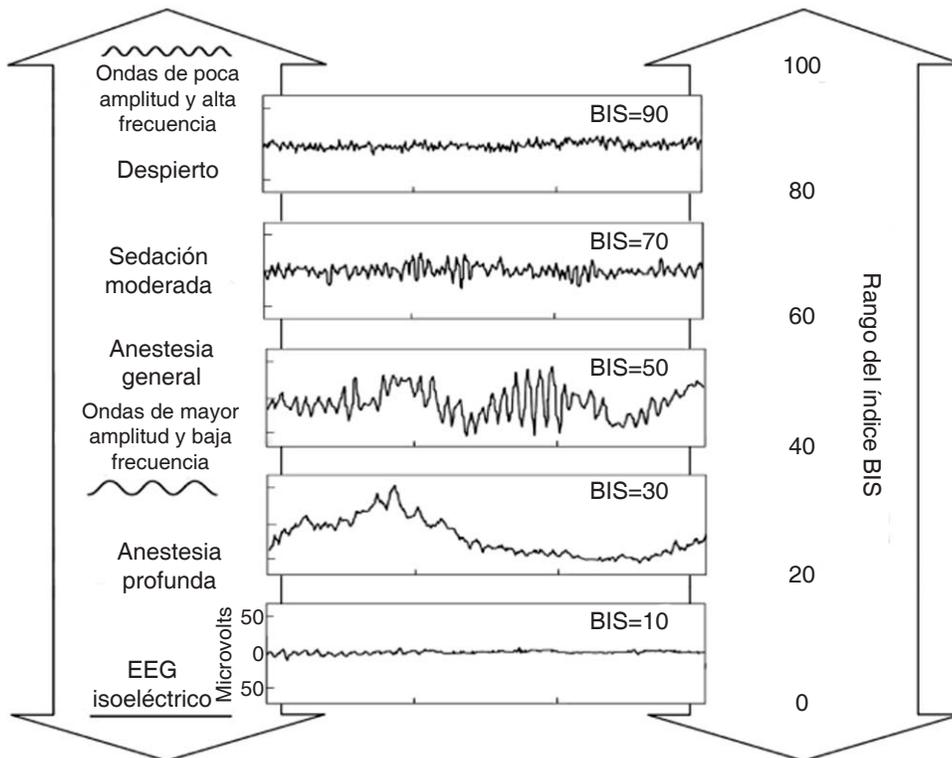


Figura 1.

Correlación de la profundidad anestésica (izquierda), las ondas del EEG (centro) con el rango del índice BIS (derecha).

El monitor BIS también mide la electromiografía (EMG) de la frente para que el anesthesiólogo pueda valorar si el tono muscular está afectando el nivel de BIS y el estado anestésico del paciente dependiendo de los medicamentos que esté administrando. Por ejemplo, el etomidato puede incrementar transitoriamente el nivel de BIS, ya que induce mioclonias⁽¹²⁾.

Los sensores son desechables y actualmente existen sensores BIS bilaterales, los cuales permiten monitorear cuatro canales de EEG y verificar si existe asimetría entre la respuesta de ambos hemisferios.

En 1997 el Dr. Gan y colaboradores demostraron una reducción de 13 al 23% del uso de fármacos anestésicos y un 35 a 40% de reducción del tiempo de emersión, cuando guiaban la anestesia por medio del monitor BIS⁽¹³⁾. En 2001 un estudio llevado a cabo por el Dr. Añez y colaboradores utilizando anestesia total intravenosa con propofol demostró un consumo 32.6% menor de propofol en los pacientes que habían sido monitorizados con BIS⁽¹⁴⁾, en este estudio no se reportó ningún caso de despertar intraoperatorio ni disminución en la satisfacción de los pacientes con respecto a los casos manejados de manera convencional. En 2004 se demostró que el monitoreo durante la anestesia podía disminuir hasta un 82% la incidencia de despertar intraoperatorio⁽¹⁵⁾.

En estudios más recientes realizados por el Dr. Chan y sus colaboradores, quienes pertenecen al Grupo de Estudio *Cognitive Dysfunction after Anesthesia (CODA Trial)*⁽¹⁶⁾, confirmaron una disminución en el uso de propofol hasta del 21% cuando se realizaba la anestesia guiada por BIS y hasta 30% de anestesia inhalada. Adicionalmente, en este estudio determinaron la presencia de delirio en los pacientes después de la cirugía y determinaron la capacidad cognitiva de los pacientes una semana y tres meses después de la cirugía. Encontraron una disminución del 8.5% en la presencia de delirio en los pacientes del grupo cuya anestesia fue guiada por BIS. La capacidad cognitiva de los pacientes no presentó ninguna diferencia significativa a la semana de la cirugía en los pacientes del grupo control y los pacientes cuya anestesia fue guiada por BIS; sin embargo, la diferencia entre los dos grupos sí fue significativa en la evaluación a los tres meses, ya que los pacientes del grupo BIS presentaron menor disfunción cognitiva⁽¹⁶⁾. Estos resultados son muy relevantes, ya que la presencia de delirio postquirúrgico se asocia con una mayor mortalidad y una estancia prolongada en las Unidades de Terapia Intensiva⁽¹⁷⁾.

MONITOR DE ENTROPÍA

En los últimos años se han desarrollado otros monitores de anestesia como lo son el monitor de entropía y el monitor Narcotrend. El monitor de entropía fue desarrollado por *DatexOhmeda-GE*. La entropía se deriva de un concepto

físico utilizado por varias ciencias, como la biología o la economía, y cada una de ellas hace una interpretación acorde a la aplicación⁽¹⁸⁾. La entropía de Shanon se aplica para la teoría de la información y fue definida en 1949 para describir la complejidad e irregularidad de las señales. El monitor de entropía de *DatexOhmeda-GE* genera dos valores: el índice de entropía de estado (ES) y el índice de entropía de respuesta (ER)⁽¹⁹⁾.

El monitor de entropía adquiere señales de EEG y EMG de un sensor desechable colocado en la frente del paciente. Este monitor incluye EMG para identificar algunos estímulos externos como el dolor producido por el procedimiento quirúrgico. La captación de estas señales puede significar que el paciente está recibiendo una anestesia insuficiente, y si la estimulación continúa sin un ajuste de fármacos adecuado es muy probable que tenga tendencia a la emersión. La ES se calcula considerando principalmente el EEG y la ER considera también el EMG⁽¹⁹⁾. La ES tiene una escala adimensional de 0 a 91 y la ER 0 a 100 y el valor para anestesia general recomendado es de 40 a 60.

MONITOR NARCOTREND

El monitor Narcotrend desarrollado por *MonitorTechnik en Bad Bramstedt*, Alemania y su escala se determina por letras que van desde la A representando la fase de vigilia hasta la F que representa un EEG con supresión de brotes a isoeléctrico, dividido en 14 fases intermedias: A, B⁰⁻², C⁰⁻², D⁰⁻², E^{0.1}, F^{0.1}. Este monitor registra dos canales de EEG de los distintos hemisferios del cerebro y se comparan. En 2004 se incorporó al software monitor Narcotrend un índice adimensional del 100 al 0 que se correlaciona con el índice bispectral del monitor BIS⁽²⁰⁾.

RECOMENDACIONES DE USO DE LOS MONITORES DE ANESTESIA

Todos los monitores de anestesia son susceptibles a ciertas perturbaciones externas, por ejemplo, los artefactos eléctricos como los producidos al usar un electrocauterio pueden verse reflejados en el monitor de anestesia como un incremento súbito y transitorio del estado anestésico. Algunos otros factores pueden reflejarse como un estado anestésico bajo: hipotermia inducida al paciente, hipoglucemia, anoxia y algunos medicamentos cuyo efecto no es capturado por los monitores de anestesia como lo son la ketamina y el óxido nítrico. Cuando el anesthesiólogo detecte un comportamiento anormal en la profundidad anestésica deberá verificar si alguno de estos factores se encuentra presente para evaluar la relevancia clínica de los datos anormales reportados por el monitor.

Las guías y recomendaciones del *National Institute for Health and Care Excellence* del Reino Unido, así como del *Agency for Healthcare Research and Quality* del Departamento de Salud de Estados Unidos recomiendan el uso del monitor BIS en general para cualquier cirugía y principalmente para aquellas en que el paciente tenga alto riesgo anestésico y para todas las cirugías donde se use anestesia total intravenosa (TIVA, por sus siglas en inglés), ya que sus comités expertos consideraron que existe la suficiente información clínica para concluir que los resultados anestésicos se ven beneficiados por la individualización de las dosis anestésicas guiadas por BIS^(21,22).

Es importante mencionar que ambas instituciones catalogan el monitor de entropía así como el Narcotrend, como monitores similares al BIS en términos generales y por lo tanto también alientan su uso; sin embargo, consideran que la

información clínica al momento es insuficiente para asegurar una equivalencia.

CONCLUSIONES

Los monitores de anestesia proveen al anesthesiólogo una herramienta más para individualizar la dosis de anestésicos que cada paciente requiere. El uso de dosis individualizadas de anestésicos se ha asociado con una menor dosis de anestesia y una disminución en el tiempo de emersión, lo que minimiza los efectos adversos que los agentes anestésicos pueden tener, como el delirio postquirúrgico y el deterioro a largo plazo de la capacidad cognitiva. Dadas las ventajas que los monitores de anestesia brindan, diversos organismos internacionales alientan su uso, principalmente en pacientes con alto riesgo anestésico.

REFERENCIAS

1. Sandin RH, Enlund G, Samuelsson P, Lennmarken C. Awareness during anaesthesia: a prospective case study. *Lancet*. 2000;355:707-711.
2. Davidson AJ, Huang GH, Czarnecki C, Gibson MA, Stewart SA, Jansen K et al. Awareness during anaesthesia in children: a prospective cohort study. *Anesth Analg*. 2005;100:653-661.
3. Bogetz MS, Jeffrey AK. Recall of surgery for major trauma. *Anesthesiology*. 1984;61:6-9.
4. Tempe DK, Siddiquie RA. Awareness during cardiac surgery. *J Cardiothorac Vas Anesth*. 1999;13:214-219.
5. Greenwald S, Smith C, Sigl J, Cai H, Devlin P. The EEG Bispectral Index TM (BIS TM): development and utility. Engineering in Medicine and Biology, 21st Annual Conference and the 1999 Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society BMES/EMBS Conference, 1999. Proceedings of the First Joint. 1999;1:443-444.
6. Hasselman K, Munk W, MacDonald G. Bispectra of ocean waves. In: Rosenblatt M, ed. Time series analysis. New York: John Wiley & Sons, 1963, pp. 125-139.
7. MacDonald G. The bispectra of atmospheric pressure records. Proc IBM computing symp on statistics White Plains, NY: IBM, 1963, pp. 247-264.
8. Sigl JC, Chamoun NG. An introduction to bispectral analysis for the electroencephalogram. *J Clin Monit*. 1994;10:392-404.
9. Barnett TP, Johnson LC, Naitoh P, Hicks N, Nute C. Bispectrum analysis of electroencephalogram signals during waking and sleeping. *Science*. 1971;172:401-402.
10. Dummermuth G, Huber PJ, Kleiner B, Gasser T. Analysis of the interrelations between frequency bands of the EEG by means of the bispectrum; a preliminary study. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1971;31:137-148.
11. Aspect Medical System, BIS VISTA™ monitoring system, Operating Manual, 2008
12. Hyun-Mok Kim, Sang-Wook Shin, Ji-Young Yoon, Hyeon-Jeong Lee, Kyung-Hoon Kim, Seong-Wan Baik. Effects of etomidate on bispectral index scale and spectral entropy during induction of anesthesia by means of the raw electroencephalographic and electromyographic characteristics. *Korean J Anesthesiol*. 2012;62:230-233.
13. Gan TJ, Glass PS, Windsor A, Payne F, Rosow C, Sebel P et al. Bispectral index monitoring allows faster emergence and improved recovery from propofol, alfentanil, and nitrous oxide anesthesia. *Anesthesiology*. 1997;87:808-815.
14. Añez C, Papaceit J, Sala JM, Fuentes A, Rull M. Repercusión de la monitorización del índice bispectral del electroencefalograma en anestesia intravenosa total con propofol en cirugía sin ingreso. *Rev Esp Anestesiología Reanim*. 2001;48:264-269.
15. Myles PS, Leslie K, McNeil J, Forbes A, Chan MT. Bispectral index monitoring to prevent awareness during anaesthesia: the B-Aware randomised controlled trial. *Lancet*. 2004;363:1757-1763.
16. Chan MT, Cheng BC, Lee TM, Gin T; CODA Trial Group. BIS-guided anesthesia decreases postoperative delirium and cognitive decline. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2013;25:33-42.
17. Cruz-Santana JA, Carrillo-Esper R. Delirium y disfunción cognitiva en el enfermo neurológico grave. *Rev Mex Anestesiología*. 2015;38:443-445.
18. Brissaud JB. The meaning of entropy. *Entropy*. 2005;7:68-96.
19. Viertiö-Oja H, Maja V, Särkelä M, Talja P, Tenkanen N, Tolvanen-Laakso H et al. Description of Entropy algorithm as applied in the Datex-Ohmeda S/5TM entropy module. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2004;48:154-161.
20. Schultz B, Kreuer S, Wilhelm W, Grouven U, Schultz A. The Narcotrend monitor. Development and interpretation algorithms. *Anaesthesist*. 2003;52:1143-1148.
21. National Institute for Health and Care Excellence. NICE diagnostics guidance 6: Depth of anaesthesia monitors-Bispectral Index (BIS), E-Entropy and Narcotrend-Compact M. 2012, p. 11.
22. Agency for Healthcare Research and Quality. Guideline: Depth of anaesthesia monitors- Bispectral Index (BIS), E-Entropy and Narcotrend-Compact M. 2013.