

Monitorización de la profundidad anestésica: índice biespectral

Valencia Sola, L.; Navarro Navarro, R.; Santana Suárez, R.Y.; Navarro García, R.; Romero Pérez, B.

*Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Insular Gran Canaria

**Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Universitario Dr. Negrín

Monitorización de la profundidad anestésica

En las últimas décadas la evaluación del estado del paciente durante la anestesia general ha sufrido un cambio espectacular: desde la valoración de signos clínicos (pulso, coloración, pupilas, etc.), hasta la tecnología más avanzada que permite la monitorización continua del estado cardiovascular (ECG, presiones invasivas, gasto cardiaco, ecocardiografía transesofágica, etc.), respiratorio (pulsioximetría, espirometría, análisis de gases espirados) y neuromuscular (neuroestimulador). Clásicamente, para evaluar el nivel de hipnosis se han valorado signos somáticos (respuesta motora, cambios en el patrón respiratorio) o signos autonómicos (frecuencia cardiaca, presión arterial, sudoración, piloerección, lagrimeo). Estos signos indirectos de profundidad anestésica son poco fiables e influenciados por fármacos de uso habitual en el entorno perioperatorio (relajantes neuromusculares, betabloqueantes, calcioantagonistas, etc.).

Monitorizar la profundidad anestésica tiene como primer objetivo ajustar en tiempo real las cantidades de fármacos administrados al paciente a sus necesidades reales. Por un lado, el nivel de anestesia tiene que ser lo suficientemente profundo como para impedir la

conciencia del paciente. La dosis óptima es aquella que permite un estado de inconsciencia pero sin comprometer los órganos vitales. El anestesiólogo es el responsable de emplear las dosis adecuadas de hipnótico para evitar que se produzca un despertar intraoperatorio, sujeto de investigación y publicación en los últimos años. El despertar intraoperatorio no intencionado con memoria explícita (despertar intraoperatorio con recuerdo), es el estado en el que el paciente es consciente de hechos ocurridos durante un procedimiento quirúrgico bajo anestesia general y los recuerda, es decir, puede narrar esos hechos tras el procedimiento.

Algunos autores han sugerido que una notificación de despertar intraoperatorio debe contener información que pueda ser objetivamente confirmada, tal como una conversación que hubiera tenido lugar en el quirófano durante el procedimiento anestésico/quirúrgico y que pudiera ser recordada también por el personal de quirófano⁵. El paciente que sufre despertar intraoperatorio suele referir percepción auditiva (en pocas ocasiones visual), sensación de parálisis y/o dolor, que provocan un estado de angustia, indefensión, desamparo o pánico. A pesar de que el hecho de que un paciente presente un despertar intraoperatorio no supone un problema que amenace la

vida del paciente, puede conllevar consecuencias psicológicas devastadoras en el paciente.

La incidencia es difícil de precisar pero en dos recientes estudios, en España y China, la incidencia recogida ha sido de 1% y 0.4% [1]. Las estrategias de prevención deben ser multifactoriales y fueron expuestas en las guías de prevención de despertar intraoperatorio publicadas en el 2006 por la American Society of Anesthesiologists [2]. Estas medidas de prevención comienzan por identificar los factores de riesgo, que se exponen a continuación:

- Episodio anterior de la historia de despertar intraoperatorio.
- Fármacos o drogas preoperatorios:
 - Abuso crónico de alcohol o drogas (anfetaminas, cocaína, opioides, benzodiacepinas, etc.): puede inducir alteraciones farmacocinéticas y aumentar los requerimientos de anestésicos.
 - Hábito tabáquico.
 - Tratamiento crónico con anti-convulsivantes.
 - Dolor crónico en tratamiento con opioides.
 - Tratamiento con antihipertensivos, betabloqueantes, etc.: pueden dificultar la detección de despertar intraoperatorio al enmascarar los signos hemodinámicos de anestesia superficial. Pacientes ASA IV-V
- Intervenciones quirúrgicas: cirugía cardiaca, cesárea, procedimientos de emergencia.
- Inducción de secuencia rápida.
- Confusiones en la administración de fármacos intravenosos: la succinilcolina es el fármaco que

Correspondencia:

Valencia Sola, Lucía
C/ Almansa nº11 Telde - Las Palmas 35200
Teléfono: 651010208
Correo electrónico: ori98es@yahoo.es

con mayor frecuencia se ha visto implicado en episodios de DIO relacionados con la administración errónea de un relajante muscular en lugar de un agente hipnótico en la inducción anestésica.

- Plan anestésico: uso de nitroso con opioides, empleo excesivo de relajantes musculares.
- Obesidad: las alteraciones en la farmacocinética de los anestésicos que produce la obesidad pueden predisponer al despertar intraoperatorio.
- Intubación orotraqueal difícil: episodios repetidos de manipulación de la vía aérea con laringoscopias repetidas y una única dosis de agente anestésico en la inducción pueden provocar despertar intraoperatorio

Respecto al momento intraoperatorio, es indispensable el uso de un protocolo de chequeo para los aparatos de anestesia y equipos para garantizar la entrega de la dosis apropiada del agente anestésico. Así mismo es importante verificar el correcto funcionamiento de la vía intravenosa, bombas de infusión y conexiones. En casos seleccionados se recomienda el uso profiláctico de benzodiazepinas.

En cuanto a la monitorización de la profundidad anestésica las guías abogan por un empleo rutinario de parámetros indirectos de la profundidad anestésica como la presión arterial, la frecuencia cardíaca, el electrocardiograma, el analizador de la mezcla de gases y la capnografía.

En relación a la monitorización de la función cerebral (donde se incluye el BIS® Aspect Medical Systems, Newton, Massachusetts, USA), el ASA no puede recomendar el uso rutinario de los monitores en todo paciente bajo anestesia general, debiendo el anestesiólogo individualizar su uso. Esto se debe probablemente al escaso número de estudios que han demostrado hasta el momento, que el BIS pueda disminuir la incidencia de despertar intraoperatorio [3]. Hoy en

día, existen otros seis aparatos que monitorizan la función cerebral, pero el BIS es el que más peso en literatura, el más empleado. Además desde su introducción en 1996, ha ido aumentando su popularidad, siendo su uso cada vez es más frecuente en nuestro medio.

Índice Biespectral

El electroencefalograma es el registro de la actividad eléctrica de las neuronas piramidales del córtex. Esta actividad eléctrica atraviesa los tejidos hasta la piel y es recogida por los electrodos. Tras un proceso de filtrado para eliminar los artefactos y de amplificación, la señal se representa de forma gráfica en forma de ondas. Las ondas del registro se caracterizan por su frecuencia (número de ondas por segundo o hertzios [Hz]), por su amplitud (altura de la onda medida en microvoltios [μ V]) y por su fase (decalaje de inicio de cada tren de ondas respecto al punto de ángulo cero). Tradicionalmente, las ondas se clasifican atendiendo a su frecuencia:

- Ondas β (beta): 13–45 Hz: ondas de pequeño voltaje que aparecen con el paciente en estado vigil, con los ojos abiertos.
- Ondas α (alfa): 8–13 Hz: aparecen en pacientes despiertos con los ojos cerrados.
- Ondas θ (theta): 4–7 Hz: se presentan con el paciente somnoliento o sedado.
- Ondas δ (delta): 0.5–4 Hz: sueño profundo (fisiológico o inducido por fármacos).

Como podemos apreciar en la clasificación anterior, desde el punto de vista electroencefaloográfico, el estado vigil se caracteriza por un registro en el que predominan ondas rápidas (de alta frecuencia) y de pequeño voltaje (ondas α y β). El paso a un estado de hipnosis profunda va transformando el EEG en ondas cada vez más lentas y de mayor amplitud (ondas θ y δ).

Otro patrón típico relacionado con la hipnosis y la profundidad

anestésica son los complejos “salva-supresión” o “ráfaga-supresión” (burst-suppression), que aparecen por disminución del metabolismo cerebral (por ejemplo, secundario a isquemia o a concentraciones altas de anestésicos). Se muestran como ráfagas de ondas de gran amplitud, seguidas de periodos de silencio eléctrico.

Si profundizamos aún más la anestesia, podremos encontrarnos un registro isoelectrico (EEG plano), que coincide con el que aparece con la hipotermia profunda o la muerte cerebral.

El valor del EEG “bruto” en la monitorización de la profundidad anestésica se ve afectado por la gran complejidad del registro, cuyo análisis precisaría mucho tiempo y un entrenamiento especializado. Para que los datos electroencefaloográficos puedan ser utilizados como herramientas en quirófano es preciso filtrarlos, computerizarlos y simplificarlos, de forma que se traduzcan en un valor digital o en una escala fácilmente interpretable. Para conseguir este objetivo, es necesario analizar matemáticamente las ondas del EEG, utilizando complicados algoritmos.

De forma muy simplificada, el monitor del BIS utiliza una escala numérica que va desde el 0 (EEG isoelectrico) hasta el 100 (el paciente está totalmente despierto). Los valores entre 40 y 60 indican un grado adecuado de hipnosis profunda (Figura 1).

Todas las condiciones, que puedan afectar el EEG en el ser humano, pueden mostrar alteración en el registro del BIS. Las posibles interpretaciones erróneas de este monitor se resumen a continuación [4]:

- Cambios paradójicos con los anestésicos:
- Óxido nitroso: el primer caso de cambios paradójicos en el BIS fue en 1998, en el que se objetivó un descenso en los valores del BIS tras la interrupción de la administración de óxido nitroso. Esto es debido al incremento de la ondas θ y δ .

Valores BIS	Grado de hipnosis
100	Despierto
80-100	Responde a la voz normal
60-80	Responde al hablar en voz alta o ante un movimiento. Sedación moderada.
40-60	Baja probabilidad de recuerdo explícito. Falta de respuesta a los estímulos verbales. Sedación profunda.
0-20	Burst Suppression
0	EEG plano

Figura 1. Escala del índice de BIS.

- Ketamina: este anestésico sigue un patrón electroencefalográfico diferente al resto de los anestésicos, presentando un aumento paradójico en los valores del BIS, debido a un incremento de las ondas β .
- Halotano: este agente inhalatorio, sobrealora los valores del BIS obtenidos durante una anestesia general, en comparación con el sevoflurano.
- Relajantes musculares: la administración de tanto los despolarizantes como los no despolarizantes, puede dar lugar a un valor obtenido con el BIS menor que si el paciente no estuviera bajo los efectos de dichos fármacos. Esto es debido a que la frecuencia que crea el electromiograma se solapa con las ondas β , propias del paciente despierto o bajo los efectos de una anestesia superficial.
- Interferencias con aparatos: algunos equipos, empleados habitual-

mente en los quirófanos, como las mantas de aire convectivo, marcapasos epicárdicos colocados durante cirugía cardíaca, campos electromagnéticos, pueden dar lugar a valores falsamente positivos.

- Condiciones fisiopatológicas diferentes: la hipoglucemia puede producir una subestimación de los valores del BIS en un paciente, por incremento de las ondas θ y δ en el registro electroencefalográfico. Así mismo, el shock hipovolémico grave, la parada cardiorrespiratoria o un evento isquémico cerebral pueden disminuirlo por decremento en la perfusión cerebral.

Otros monitores de profundidad anestésica

Entropía

El módulo de entropía describe la irregularidad, complejidad o predecibilidad de la señal EEG. Cuanto mayores son el orden y la predecibilidad, menor es la entropía y mayor la profundidad hipnótica. El algoritmo para calcular la entropía de una señal electroencefalográfica ha sido publicado [5]. Para facilitar la lectura de los valores obtenidos en las fórmulas originales de entropía, que varían entre 0 y 1, se han transformado en una escala de números enteros entre 0 y 100. El módulo de entropía calcula dos valores separados: entropía de estado (SE) y entropía de respuesta (RE). La SE puede variar entre 0 y 91 y corresponde a la señal con frecuencias comprendidas entre 0,8 y 32 Hz, reflejando la ac-

tividad electroencefalográfica cortical. La RE varía entre 0 y 100 y evalúa frecuencias entre 0,8 y 47 Hz, incluyendo la actividad electromiográfica. La coincidencia de ambos valores indica que no existe contracción de la musculatura frontoorbitaria. Se consideran valores adecuados para anestesia general entre 40 y 60.

- Potenciales evocados auditivos. A diferencia de todos los monitores anteriores, no representa la actividad electroencefalográfica espontánea, sino que estudia las respuestas eléctricas cerebrales inducidas por estímulos sonoros que se transmiten a través de auriculares. La respuesta del tronco encefálico al estímulo es relativamente insensible al efecto de los anestésicos. Sin embargo, la respuesta cortical precoz (8-60 milisegundos tras el estímulo), denominada "potenciales auditivos evocados de latencia media", cambia de forma predecible ante concentraciones crecientes de anestésicos inhalados e intravenosos. La respuesta típica a este incremento de la dosis anestésica es el aumento de latencia y la disminución de la amplitud de las ondas. La señal es extremadamente pequeña (menor de 1 μ V), por lo que precisa técnicas para extraerla de la actividad electroencefalográfica espontánea. Mientras que el BIS entre 45 y 60 es adecuado para la anestesia quirúrgica, el valor mayor de 50 corresponde a un estado despierto, mientras que la anestesia quirúrgica se sitúa en valores de 15 a 25.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Leslie, K. and A.J. Davidson**, Awareness during anesthesia: a problem without solutions? *Minerva Anesthesiol*, 2010. 76(8): p. 624-8.
2. Practice advisory for intraoperative awareness and brain function monitoring: a report by the american society of anesthesiologists task force on intraoperative awareness. *Anesthesiology*, 2006. 104(4): p. 847-64.
3. **Kent, C.D. and K.B. Domino**, Depth of anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2009. 22(6): p. 782-7.
4. **Dahaba, A.A.**, Different conditions that could result in the bispectral index indicating an incorrect hypnotic state. *Anesth Analg*, 2005. 101(3): p. 765-73.
5. **Viertiö-Oja H, Maja V, Särkelä M, Talja P, Tenkanen N, Tolvanen-Laakso H** et al. Description of the Entropy algorithm as applied in the Datex-Ohmeda S/5 Entropy Module. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2004; 48 (2): 154-61.