



## Artículo de revisión

# Índice biespectral como predictor inmediato de daño neurológico severo

<sup>1</sup>Luis Federico Higgins Guerra.

<sup>1</sup>Anestesiólogo. Hospital San Ángel Inn Chapultepec, Ciudad de México. Presidente de Anestesiólogos Mexicanos en Internet, A.C.

Luishiggins@yahoo.com

### Resumen

En anestesia es deseable medir la profundidad hipnótica, por lo que monitorizar la profundidad anestesia es fundamental en la práctica clínica diaria. El propósito de esta revisión clínica es detectar los factores de riesgo que puedan estar asociados al despertar intraoperatorio. Encontrar las herramientas necesarias para disminuir la incidencia del despertar y el recuerdo transoperatorio. Identificar las consecuencias de daño neurológico secundario a un índice biespectral muy bajo como predictor de daño neurológico severo.

Palabras clave. Índices biespectral, anestesia general, despertar transoperatorio

### Introducción

La monitorización de los efectos anestésicos sobre el Sistema Nervioso Central (SNC) ha sido una "quimera" para la especialidad de Anestesiología desde hace varias décadas y las variadas tecnologías empleadas, como señala Rosow, han sido "alegremente propuestas, promovidas y finalmente descartadas". El despertar transoperatorio (DT) es el estado en el que el paciente, bajo anestesia general, es consciente de los sucesos ocurridos durante una parte o todo el transoperatorio, pero además es capaz de recordarlo y describirlo al terminar dicho evento. En los estados Unidos de América se calcula que aproximadamente se presentan 26 000 casos anuales de DT.

En general la incidencia de DT es de 0.1 a 0.25% lo que equivale a 1 o 2 pacientes por cada 1000 pacientes sometidos a anestesia general. Según la herramienta más comúnmente usada en el mundo para establecer su frecuencia "el *Brice Interview*"<sup>1</sup>. Sin embargo su incidencia varía de acuerdo al tipo de cirugía. En obstetricia es del 0.4%, en cirugía cardiaca 1.1% - 1.5%, en trauma puede variar de 11% - 43%, en pediatría es de 0.8% a 10.2%.

### Abstract

In anaesthesia, it is desirable to measure the hypnotic deepness, that's why it is essential to monitor the anesthetic deepness every day. The purpose of this clinical review is to detect risky factors that can be associated to the intraoperative awakening; find the tools needed to decrease the incidence of the awakening and the transoperative memory. Identifying the consequences of nerve damage secondary to a very low bispectral index as a predictor of severe neurological damage.

**Keywords.** Bispectral index, general anesthesia, awareness.

Recientemente el NAP5 (National Audit Project)<sup>2</sup>, nos ha mostrado una incidencia de despertar intraoperatorio más actualizado. Su incidencia general es de 1:20 000 anestesia. Cuando hablamos de las siguientes asociaciones encontramos 1: 8 000 cuando se usan relajantes musculares, sin relajantes musculares 1: 13 600. En cirugía cardiotorácica 1: 8 600, estrechamente relacionado con el uso de relajantes musculares. En los casos de cesárea fue de 1: 670. Destaca la incidencia de DT en los casos de pacientes con relajantes musculares, propofol, tiopental, inducción de secuencia rápida, anestesia total intravenosa, episodios previos de DT con recuerdos. En los casos de pacientes pediátricos se asocian con cirugía de trauma y ortopedia, cirugía plástica. La posibilidad de una resistencia intrínseca a la anestesia general ha sido postulada en los últimos años, que explicaría las posibles causas en aquellos casos en donde no existe una causa directamente relacionada a esta complicación<sup>3</sup>. Las especialidades médicas en donde existe mayor incidencia de DT son, cirugía general, obstetricia, laparoscopias, cirugía ortopédica y cirugía ginecológica. En la mayoría de ellas el despertar o el recordatorio es durante la fase de inducción seguida de



la fase de mantenimiento de la anestesia. El recordar eventos dramáticos puede ocurrir hasta dos semanas después del evento quirúrgico, sin embargo los niños lo han recordado hasta por muchos años después. Los anestésicos que ocupan los primeros lugares en mayor frecuencia son, el propofol, el sevoflurano, relajantes musculares no despolarizantes y el tiopental.

La detección oportuna del DT se debe principalmente a la falta de métodos para su diagnóstico correcto. La secuela más importante y frecuente es el síndrome de estrés postraumático (SEP), que se caracteriza por ansiedad, insomnio, pesadillas, depresión, alteraciones del sueño y trastornos conductuales. Su incidencia es del 33% de los casos y representa entre 2% y 12% de las demandas legales relacionadas con la especialidad de anestesiología. Se ha visto un incremento progresivo de demandas en la última década.

Algunos autores han encontrado correlación entre memoria y profundidad anestésica. En los casos en donde la demanda a procedido se ha encontrado al óxido nítrico, los opioides y los relajantes musculares como más frecuentes.

El poco conocimiento acerca del tema obliga a un análisis más crítico y a la búsqueda constante de los mecanismos que intentan evaluar el impacto sobre los pacientes y a la detección oportuna de este tipo de eventos. Historias de horror aparecen descritas en diferentes tipos de publicaciones. Los sobrevivientes como se han llamado a las personas con este síndrome, reportan que el personal médico y el resto del personal que trabaja en los quirófanos, rutinariamente ridiculizan sus cuerpos inertes delante de los pacientes.

### Aspectos históricos

El conocimiento de la relación existente entre anestésicos, conciencia y actividad cerebral no es un tema nuevo. Gibbs y colaboradores, lo registraron mediante el Electroencefalograma (EEG), y lo señalaron desde 1937, pero resultaba poco práctico para su uso rutinario en la clínica. Artusio en 1954 utilizó el análisis EEG "en bruto" para evaluar la fase inicial de la anestesia con Éter. Pero pueden imaginar que requería una especie de jaula de Faraday para tal propósito<sup>4, 5</sup>.

Hace más de 15 años Grundy definía al registro de EEG como "caro y voluminoso, requería la interpretación de expertos, empleaba mucho tiempo en colocar los electrodos y era difícil de correlacionarlo con la clínica por

las variadas respuestas obtenidas según el anestésico de elección", entre otros.

Estos detalles parecen haber sido convenientemente solucionados con la aprobación por la Food and Drug Administration (FDA) a finales del 1996 del monitor basado en el análisis Biepectral (BIS), para monitorizar la "Profundidad Anestésica". Por su aceptación práctica en comparación con el gran escepticismo de las anteriores propuestas, ha generado más de 200 trabajos de revisión de expertos, acumula más de 2.7 millones de anestias monitorizadas y existen alrededor de 10,000 equipos disponibles en cualquier latitud. Debido a la magnitud del problema, en el 2004 la *Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations*, lanzó una alerta relacionada al despertar transoperatorio. En el 2005 la *American Society of Anesthesiologists*, publicaron un documento en el que incluyeron una revisión sistemática de la evidencia científica del despertar transoperatorio<sup>6, 7</sup>.

### Definiciones

Memoria consciente o explícita se refiere al recuerdo o retención en la memoria de algún hecho acontecido durante el curso de una anestesia. Se le denomina memoria inconsciente o implícita. Se refiere a la información retenida en la memoria que no se acompaña de recuerdo consciente, afecta la respuesta frente a un estímulo auditivo, también puede considerarse como la capacidad de un paciente para responder a una orden verbal durante o después de una cirugía sin que tenga recuerdo del estímulo. En ambos casos puede llegar a tener efectos psicológicos nocivos para el paciente.

### Causas de despertar intraoperatorio

El 95% de los casos de DT es debido a error humano, a técnicas anestésicas defectuosas, por falla en aparatos de anestesia y por errores en el monitoreo del paciente. Solamente en el 2.5% de los pacientes la causa no es detectada. La variabilidad biológica interindividual del paciente puede ayudarnos a explicar un mayor requerimiento de agentes anestésicos. Lo que puede explicar porque en el 2.5% de los casos no se encuentra una causa justificada del DT.

Varios estudios muestran que hay pacientes con ciertas características que pueden estar asociadas a despertar intraoperatorio. La edad (alrededor de los 40 años), sexo (predomina en el sexo femenino), estado físico o ASA (estado físico IV/V). Algunos estudios han reportado que los pacientes con calificaciones mayores de ASA, tienen



riesgo mayor de DT, ya que en estos casos intencionalmente se reducen las dosis de anestésicos con la finalidad de mantener una estabilidad cardiovascular y hemodinámica, lo que favorece el despertar. Otro aspecto importante es la tolerancia o resistencia a ciertos fármacos, pacientes con historia de abuso de medicamentos (cocaína o benzodiazepinas), paciente en tratamiento de dolor crónico que consumen altas dosis de opioides, pacientes con historia anterior de DT, pacientes con dificultad para la intubación, , reserva hemodinámica muy limitada, cirugía cardíaca grave, cesáreas, cirugía de trauma y cirugía de urgencia, anestesia ligera con uso de relajantes musculares, secuencia rápida de inducción y anestesia intravenosa total<sup>8</sup>.

Los pacientes con cardiopatías sometidos a circulación extracorpórea, son considerados de alto riesgo para DT, los pacientes con baja fracción de eyección o con hipertensión pulmonar son muy vulnerables a los agentes anestésicos, por lo que ante tal situación el clínico intenta minimizar la administra de agentes anestésicos y por lo tanto mayores posibilidades de DT. Lo mismo puede ocurrir con las técnicas endovenosas en donde la farmacocinética se modifica por la presencia de la bomba extracorpórea. El despertar se incrementa en pacientes manejados con altas dosis de opioides, óxido nitroso, y bajas dosis de inhalados. Diversos estudios han mostrado que durante la anestesia con altas dosis de opioides la percepción y procesos corticales de la información auditiva puede no ser suprimida completamente. O bien en aquellos pacientes en donde re realiza cirugía Fast track. Un apartado especial son aquellos pacientes a quienes se les aplican relajantes musculares intraoperatorios, ya que el paciente sin ellos al moverse por una anestesia general superficial alerta al Anestesiólogo de la presencia de una anestesia superficial<sup>9</sup>.

Algunos pacientes requieren dosis mayores a los estándares habituales, como aquellos pacientes que usan opioides por largos periodos, consumidores de alcohol y fumadores. Hay pacientes que conjuntan el consumo simultáneo de opioides alcohol y son fumadores crónicos. Estos pueden ser el resultado de una alteración en la expresión de los genes o una respuesta alterada por parte de los sitios receptores. Cheng y colaboradores han encontrado una deficiencia genética en un tipo de receptor para la inhibición de neurotransmisores en receptores GABA (subunidades  $\alpha_5$ ) Estos receptores predominan en la región del hipocampo que están críticamente involucrados en la expresión de la memoria.

El DT ha sido relacionado con fentanilo o sufentanilo como único anestésico con bajas dosis de benzodiazepinas.

En ciertas circunstancias se administra una anestesia ligera, como es el caso de la cesárea, que por su corta duración se prefiere dar una anestesia de este tipo, especialmente si se ha combinado con una anestesia regional epidural o espinal. Aquellos pacientes con graves trastornos hemodinámicos en donde una anestesia ligera es recomendable para no deteriorar gravemente al paciente.

El malfuncionamiento de la máquina de anestesia que incluye un vaporizador vacío de halogenado, un

Cuadro 1. Clasificación del despertar según Griffith and Jones

1	<b>Despertar consiente con recuerdos de dolor</b>
2	<b>Despertar consiente con recuerdos de dolor</b>
3	<b>Despertar consiente recordando el evento explícito pero sin dolor</b>
4	<b>Despertar consiente con habilidad para responder a preguntas simples durante el transoperatorio</b>
5	<b>Sin recordatorio explícito y sin dolor pero con posible implicación de la memoria</b>
6	<b>Despertar subconsciente sin recordatorio explícito pero con evidencia de memoria transoperatoria</b>
7	<b>No despertar</b>

dispositivo de anestesia endovenosa con fallas o simplemente la desconexión de algún tubo de la maquina o de alguna línea del dispositivo que no entregue las dosis correctas al sistema pulmonar o circulatorio<sup>10</sup>. (Clasificación del despertar según Griffith and Jones).

### **Cómo funciona el Índice bispectral.**

Es cierto que hay varios aspectos de la farmacocinética y farmacodinamia de los anestésicos que varían de acuerdo a la edad o al sexo del paciente. Los pacientes mayores normalmente necesitan una concentración de agentes anestésicos inferior a la de un paciente joven, para producir pérdida de la conciencia. El peso corporal también puede influir en el volumen de distribución de los agentes anestésicos. Por lo tanto es cierto que existe una variación considerable entre individuos, de modo que la concentración cerebral necesaria para producir pérdida





de la conciencia en un individuo no se puede predecir con precisión. Por lo tanto para asegurar la pérdida de la conciencia, tenemos que administrar grandes dosis de agentes anestésicos, con lo cual incrementamos los efectos secundarios y retraso en la recuperación de la anestesia.

Los relajantes musculares inducen la ausencia de dos signos importantes de la profundidad anestésica, que es la frecuencia, la profundidad de la respiración y de los movimientos en respuesta al dolor.

El diámetro pupilar, la frecuencia cardiaca y presión arterial aumentada, lagrimeo y diaforesis. Son datos que pueden no ser específicos del recuerdo transanestésico, sino más bien datos de una anestesia ligera.

Cuando se administran relajantes musculares se disminuye notablemente la capacidad para responder al movimiento, lo que predispone al DT. Las respuestas autonómicas o involuntarias como aumento de la frecuencia cardiaca, hipertensión arterial, sudoración, lagrimeo, son signos poco confiables y no son específicos de la conciencia. Ante tal dilema el anesthesiólogo debe usar una forma de medir la profundidad anestésica o profundidad hipnótica, y esto se logra mediante la medición del EEG procesado, representa la forma más común de medir la profundidad anestésica.

El BIS interrelaciona frecuencias del EEG convencional evaluando el estado hipnótico del paciente en una escala arbitraria de 0-100. (100 = despierto, 0 = anestesia muy profunda). Lo correcto es no dar valores absolutos, sino rangos de respuesta, por lo tanto se considera que un paciente está en un plano hipnótico adecuado cuando el BIS se encuentra entre 60 y 40. Es importante aclarar que se han descrito grandes variaciones interindividuales para un mismo tipo de fármaco. Un BIS dentro de este margen garantiza evitar el despertar en la mayoría de los casos, es decir que se encuentra asociado a una baja probabilidad de DT. La ketamina, el óxido nitroso y el xenón no producen cambios en el BIS, por lo tanto no son buenos fármacos para medir profundidad hipnótica. Debajo de 40 indica un profundo estado hipnótico.

El número BIS se obtiene de la suma de la tasa de ráfaga supresión, índice de supresión, sincronización rápida-lenta e índice beta a los que se aplica un modelo estadístico multivariado y se combina utilizando una función no lineal<sup>11</sup>. (Figura 1 y 2).

Figura 1: Esquema del funcionamiento del Índice Biespectral



Figura 2: Representación del funcionamiento de la concentración de los anestésicos



**Algunas consideraciones tecnológicas**

El ambiente del salón de operaciones es particularmente hostil: el uso de los electrocoaguladores; el reducido espacio disponible; la necesidad de un equipo "amigable y autocalibrable" (semejante a un pulso-oxímetro) para no ocupar el tiempo del especialista en detrimento del paciente; la colocación de electrodos de baja impedancia que no incluyan el engorro del cabello del paciente (como ocurre para registrar el EEG tradicional) y por supuesto, programas de computación capaces de entregar



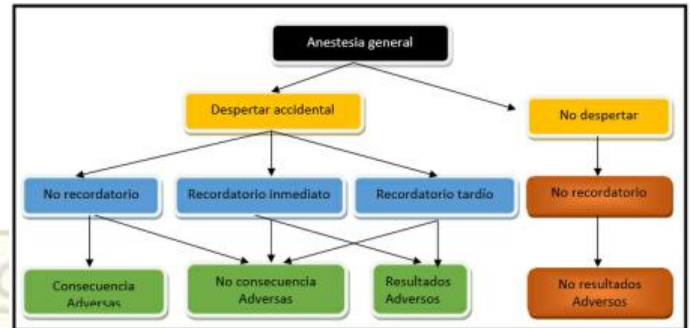
respuestas casi inmediatas y de fácil interpretación por el no-experto. Estas características de versatilidad se pueden encontrar en el BIS en sus versiones comerciales actuales.

Los trabajos de Struys, Sebel, Rampil y colaboradores detallan, para el interesado en profundizar estos aspectos, las bases del procesamiento de datos del análisis biespectral y otros abordajes de monitorización<sup>12,13</sup>.

### Cuadro clínico del síndrome de estrés postraumático por despertar transoperatorio

Las manifestaciones clínicas del DT son pocas. La habilidad para escuchar las conversaciones que se hacen durante el transoperatorio incluye una serie de datos referidos por los pacientes afectados. Las experiencias comunes de pacientes incluyen escuchar voces o ruidos del equipo quirúrgico, el paciente trata de moverse para alentar al equipo quirúrgico que está escuchando ruidos, voces, sentimientos de ansiedad terrible y miedo por lo que está pasando en ese momento. En el estudio de Samuelsson y colaboradores, de 46 casos de DT, el 70% reporto sensaciones de tacto. Dolor en el 46%, reacciones emocionales agudas incluyendo impotencia en 65%, pánico y miedo en el 54%, el 80% entendía que es lo que estaba ocurriendo y el 67% trataba de comunicarse para decirle al equipo lo que estaba pasando y sintiendo. Sebel y colaboradores han descrito que más de la mitad de los 26 casos estudiados de DT la percepción auditiva estaba presente pero se sentían paralizados, el 36% de los pacientes pensaban que morirían en corto tiempo, o refirieron su experiencia como la peor de su vida. A corto plazo hay recuerdos que se han relacionado con el DT e incluyen, ruidos, voces, palabras concretas, tacto, sensaciones visuales, pesadillas y una dosis grande de irritabilidad y ansiedad con trastornos del sueño. Lo anterior constituye el llamado Síndrome de estrés postraumático (SEP). La figura 3, muestra las diferentes opciones que pueden ocurrir y su consecuencia en el DT. Tomado del NAP5<sup>14</sup>.

Figura 3: Despertar transoperatorio y formas de recordar el evento.



Con la serie de datos mencionados no es raro que el paciente desarrolle el llamado SEP. Tiene una incidencia que va del 0- al 70% dependiendo del autor. Se trata de una enfermedad seria que puede durar semanas o varios años, o incluso por el resto de sus vidas. Generalmente daña la función y calidad de vida, que incrementa la posibilidad de suicidio, pero afecta principalmente a tres categorías en la esfera clínica. Síntomas relacionados con ansiedad persistente, que incluye taquicardia, hipertensión arterial, sudoración y recuerdos de situaciones traumáticas, situaciones que se asocian a percepciones de sonidos, sabores y señales del quirófano donde ocurrieron los hechos. Los recuerdos pueden ser tan intensos que ocasionan interrupciones de sus actividades habituales. El paciente puede desarrollar fobias a todos aquellos aspectos relacionados con la atención médica (hospitales, doctores anestésicos etc). Con el tiempo la frecuencia de sus crisis disminuye progresivamente. Algunos otros pacientes pueden desarrollar periodos de depresión, introversión y crisis de neurosis<sup>15</sup>.

### Errores por la administración de drogas

Reportes actuales demuestran que la incidencia de errores en la administración de medicamentos es de 1: 140 anestésicos. Zhang y colaboradores. La mayoría de los errores son debido a lapsos en la concentración del anestesiólogo, que obedece a un multifactorial de situaciones, entre los que destaca la fatiga del médico. Lo anterior se puede corregir con el doble *checking* de las drogas más peligrosas en anestesia, que incluye todas las



fases de la administración de medicamentos. La maniobra sencilla de *checking* por dos personas reduce los errores por administración de drogas de 2.98 a 2.12 por cada 1000 drogas administradas. No etiquetar las jeringas con el nombre del medicamento contribuye a cometer frecuentemente errores en su administración. Desde 1978 Cooper y colaboradores demostraron que una jeringa mal etiquetada o la administración no intencionada de un medicamento fue la tercera causa más común de incidentes erróneos críticos en anestesia. En el 2005 Osborne confirmó que de 4000 reportes recibidos en el estudio de AIMS (Australian Incident Monitoring Study) la mayoría fue por aplicación de relajantes musculares como causa preponderante, que ocasionaron despertar y recuerdos transoperatorios. Hoy en día el uso excesivo del celular durante la cirugía puede contribuir a cometer errores en la administración de medicamentos<sup>16</sup>.

### Bases teóricas del índice biespectral

El BIS es un número simple que integra complejas informaciones sobre poder y frecuencia del EEG con la supresión de estímulos, la activación beta y la interrelación entre generadores neurales corticales y subcorticales. También se ha correlacionado directamente con la reducción de la tasa metabólica provocada por la reducción del flujo sanguíneo cerebral o el grado de sedación. Sin embargo, los componentes "hipnosis", "analgésia" y "movimientos durante el acto quirúrgico" son componentes complejos del acto anestésico que requieren un análisis muy individual. No necesariamente la anestesia "balanceada" responde a los mismos patrones electroencefalográficos que la llamada inhalatoria "pura". Sebel se refiere en una serie de 300 pacientes prospectivos y aleatorizados en que se evaluó el movimiento del paciente después de la incisión en piel, a la confusión creada por el opioide donde niveles aparentemente "ligeros" de BIS se correspondieron con respuestas antagónicas del paciente (¡pueden moverse o no!). Concluyen que el registro no es útil en evaluar la anestesia "adecuada" cuando se toma el movimiento al incidir la piel como punto de análisis<sup>17</sup>.

Para complicar más la comprensión han sido descritos patrones paradójicos con la utilización de óxido nítrico e isoflurano. Puri, alerta sobre dos pacientes en que la retirada del óxido nítrico se acompañó de caída del BIS y viceversa<sup>18</sup>. Esta paradoja también fue reportada por Detsch en una serie de 70 pacientes; especula que la

actividad de alta frecuencia fue la responsable de índices mayores de BIS. Es interesante destacar que los pacientes mayores en edad fueron los de mayores índices<sup>18, 19</sup>.

Otra causa de un alto BIS, sin ser necesariamente expresión de superficialidad, puede registrarse al existir actividad electromiográfica facial<sup>20</sup>.

### Índice biespectral y disfunción de órganos cerebrales

Muchos estudios han examinado la asociación entre valores bajos del BIS y resultados pobres con disfunción de órganos cerebrales. Monk y colaboradores midieron la variable de tiempo acumulado de profundidad hipnótica, y demostraron que un BIS menor de 45, tuvo un riesgo relativo de 1.24 por hora. Lo asociaron a mortalidad mayor a un año después de la cirugía. Leslie y colaboradores reportaron una mayor mortalidad en pacientes que registraron un BIS menor de 40 por más de cinco minutos. Estos mismos autores reportaron una mayor incidencia de infarto del miocardio en pacientes con valores de BIS bajos (BIS menor de 40 por más de cinco minutos). Kertai y colaboradores recientemente no reportaron asociación entre BIS bajo menor de 45 y pobres resultados neurológicos. Los resultados han sido contradictorios, sin embargo la mayoría de los estudios confirman el dato de que un BIS bajo durante el transanestésico se ha asociado a muerte perioperatoria. Es decir un BIS por debajo de 45 asociados a hipotensión arterial parece estar relacionado a mayor mortalidad en los primeros 30 días y a un periodo más prolongado de hospitalización.

Por supuesto que hay que considerar otras variables como la edad, las enfermedades adyacentes incluyendo enfermedades malignas e hipotensión intraoperatoria, que pueden producir hipoperfusión de órganos cerebrales. Ya que los agentes anestésicos son causa frecuente de hipotensión arterial y consecuentemente hipoperfusión cerebral. Otras causas de hipotensión arterial son la hemorragia profunda, la falla cardíaca o la sepsis.

Quiere decir que los agentes anestésicos tienen un efecto dosis- tóxico o un efecto dosis dependiente sobre órganos vitales como el cerebro, la concentración de agentes inhalados puede ser única para cada paciente, una concentración correcta para un paciente puede ser sobredosis para otro paciente en otra situación clínica. Dosis altas de opioides requieren de menos concentraciones de inhalados. Dado que el BIS refleja la actividad eléctrica de la corteza cerebral se puede correlacionar con la actividad del electroencefalograma





(EEG). El monitoreo continuo de la presión arterial y el BIS durante la anestesia podría ayudarnos a predecir mortalidad postoperatoria. Lo cual nos llevaría a dosificar mejor todas las drogas usadas en anestesia momento a momento<sup>21</sup>.

### Principales indicaciones del índice bispectral

Con mucho, la justificación de su principal indicación (reducir la incidencia del “despertar durante el acto operatorio”) cuenta con reportes donde se redujo de 0.18% - 0.4% a 0.003%<sup>22</sup>. Otro importante beneficio referido se relaciona con la disminución del consumo anestésico y los costos en estadía<sup>23,24</sup>. Hacer una buena dosificación de los halogenados nos permite además no sobre dosificar un miocardio con bajas reservas cardiovasculares. También se ha empleado en diferentes períodos y poblaciones<sup>25,26</sup>, en cirugía cardíaca, con circulación extracorpórea (CEC) y sin ella (OFF-PUMP) tanto en adultos como en niños (se discutirá más adelante); en sedación moderada y profunda; en neurocirugía; para la deshabitación de opiodes; en poblaciones étnicas que tienen desigual “aclaramiento de drogas”; para evaluar los efectos de drogas combinadas con anestésicos; post-reperusión hepática y otras muchas. Existe creciente interés en la utilización de BIS en el ámbito de los cuidados críticos aunque no todos los reportes son favorables al proceder<sup>27-29</sup>. La evaluación del coma; la detección de la muerte encefálica y el trauma craneoencefálico son otras referencias del uso de BIS<sup>30-33</sup>.

### Cardioanestesia: Un escenario particular

La cirugía cardíaca y la cirugía torácica tradicionalmente han sido consideradas como factor de riesgo para DT. Lo anterior debido a una combinación de factores, aquellos propios del paciente y de la técnica anestésica. Las estrategias de protección del miocardio en cirugía de corazón, frecuentemente están asociadas con mayor depresión por anestésicos como el propofol, el tiopental. Los agentes inhalados como el desflurano que producen una emergencia rápida también se asocian a DT. La triada de agentes inhalados, bajas dosis de opiodes y benzodiacepinas, se asocia a un 10% más frecuente de DT. En pacientes con mínimas reservas cardíacas y aquellos que se someten a cirugía de urgencia. Los pacientes con un índice de fracción de eyección de menos del 30% o un índice cardíaco menor de 2.1 L/min/m<sup>2</sup> SCT, en la estenosis pulmonar o en la hipertensión pulmonar. Razón por la cual se prefiere usar anestésicos con poca depresión

pero con mayores posibilidades de provocar despertar transoperatorio. El secuestro de algunas drogas en la bomba de perfusión y los fenómenos de hemodilución, son potentes factores que predisponen al DT<sup>34</sup>. Las características principales de esta cirugía: es hipotermia, estados de bajo gasto cardíaco “controlados”, hemodilución y en algunos casos de verdadera isquemia cerebral global inducida que en algunos casos ha provocado y han derivado en resultados moderados o francamente contradictorios<sup>35-38</sup>.

El debate de circulación extracorpórea y utilidad del BIS tiene interesantes conclusiones que, en pequeñas series, prácticamente desaconsejan el uso rutinario del BIS durante la etapa de circulación extracorpórea (CEC) en normotermia e hipotermia ligera<sup>39,40</sup>. Durante esta etapa se discute si los menores valores del BIS registrados en hipotermia se relacionan a verdadero enfriamiento cortical o a mayor concentración del anestésico por menor velocidad de aclaramiento<sup>41</sup>. Si la concentración del anestésico se incrementa durante la fase de hipotermia severa, entonces su eliminación en la fase de recalentamiento será lenta y puede persistir más tiempo en el cerebro. Por lo tanto el BIS podría tener efectos directos o indirectos en la fase de recuperación postanestésica, mostrando que el monitoreo con BIS puede reducir la cantidad de agentes anestésicos y consecuentemente el tiempo de extubación junto con otros parámetros de recuperación en cirugía cardíaca. En otras palabras significa que la recuperación de la conciencia podría ser rápida al usar menos anestésico. En un estudio reciente de cirugía cardíaca se mostró que la anestesia guiada con BIS se asoció a una reducción en la concentración de anestésicos administrados con el mejoramiento en las funciones cognitivas a los tres meses de la cirugía<sup>42</sup>.

Ya hace un quinquenio que se discute la “fiabilidad” del BIS en evaluar la profundidad anestésica en el período de CEC durante la hipotermia y al ser comparado con los potenciales evocados, los índices de frecuencia media y de borde espectral en el BIS resultaron ser francamente inferior por sus valores contradictorios. Posteriormente, durante el recalentamiento, recuperó la correlación<sup>43</sup>. Para el anesthesiólogo dedicado a la cardioanestesia parecerá despreciable el estimado reportado por Mathew de la caída de 1.12 unidades del BIS por grado Celsius de hipotermia<sup>44</sup>.

Sin embargo hay datos contradictorios al respecto y no todos están de acuerdo en que el BIS confiera un beneficio



sobre el tiempo de recuperación<sup>45</sup>. En condiciones especiales, por ejemplo en cirugía de revascularizadora carotídea, el registro biespectral frontal, puede ser poco confiable para detectar isquemia focal. England describe como en el choque hipovolémico con paro cardíaco y registro del BIS, puede contribuir al conocimiento del estado de la función cortical<sup>46</sup>.

### **Prevención del despertar intraoperatorio y métodos de monitoreo de la profundidad anestésica**

La administración profiláctica de benzodicepinas en la medicación anestésica es fundamental. Miller y colaboradores han reportado una baja incidencia de despertar transoperatorio en aquellos pacientes que fueron medicados con benzodicepinas. El momento más adecuado para inicial la cirugía podría ser el plano anestésico o estadio III de Guedel's.

La actividad eléctrica del cerebro se puede monitorizar de varias maneras. La más factible hasta hoy en día es mediante el BIS. El BIS convierte la actividad eléctrica del EEG a un índice de nivel hipnótico. Múltiples estudios han mostrado la incidencia baja de despertar transoperatorio en relación a el uso de monitoreo por clínica tradicional sin BIS. Sin embargo también se ha reportado incidentes de despertar intraoperatorio aun con BIS indicando una adecuada profundidad anestésica<sup>47</sup>.

Existen hoy en día varias formas de monitorear el estado de profundidad hipnótica en la práctica clínica de la anestesia. Desde aquellas que son eminentemente clínicas, hasta las más complejas mediante un monitoreo de la actividad eléctrica del cerebro. La forma más accesible es aquella que aplica mediante el llamado BIS. Desde el punto de vista clínico se puede evaluar el estado de conciencia, mediante el simple movimiento corporal, el reflejo pupilar, el diámetro de la pupila, la profundidad de la respiración, el lagrimeo, etc. La forma más común de monitorear el despertar intraoperatorio en la clínica, es el llamado método Score de EVAN, que relaciona el llamado PRST, (P de presión arterial sistólica, R de ritmo cardíaco, S de sudoración de la piel y t de lagrimeo) con la clínica. Tiene la desventaja de que no son parámetros específicos y sus valores pueden variar entre los individuos. La taquicardia producida por los anticolinérgicos, los beta bloqueadores, los opioides y la anestesia regional, pueden modificar los parámetros de la prueba clínica. Por lo tanto son solo parámetros que nos ayudan a manejar la

consciencia intraoperatoria<sup>48</sup>. Existen otras muchas formas de medir la hipnosis en la clínica de la anestesia, como la conductancia de la piel, la técnica del antebrazo aislado, el electromiograma espontáneo, la contractilidad del esfínter esofágico inferior espontáneo y provocado, el monitoreo de la actividad eléctrica del cerebro (EEG), el monitoreo de la actividad eléctrica del cerebro espontáneo, el monitoreo de la función cerebral, potenciales evocados y la entropía. La mayoría de ellos son métodos de monitoreo complejos y poco específicos, algunos de ellos son complicados para realizarse en el quirófano y no están bajo los recursos de anestesiólogo. Finalmente tenemos el índice biespectral que es la forma actual<sup>49</sup>.

### **Despertar intraoperatorio en pediatría**

La incidencia de despertar durante el transoperatorio en el niño es de 0.2 a 1.2%. Según los reportes basados en los cuestionarios modificados de Brice. Los cuales arrojaron una incidencia de 0.74%, es decir 1:135 anestesia generales. Pero el NAP5 ha establecido una incidencia de 0.002% o 1:60 000 anestesia generales. Davidson y cols. Durante la descripción de tales experiencias los niños reportaron, sensaciones táctiles 79%, fenómenos auditivos 55%, miedo y dolor en el 24%. Aunque ninguno requirió de terapia posterior. Sin embargo los niños también pueden desarrollar desordenes de estrés postraumático.

Los sueños han sido investigados por Huang y colaboradores en el 2005, han encontrado que el 10% de los niños de una muestra de 864, que recibieron isoflurano y óxido nítrico, experimentaron sueños intraoperatorios desagradables. Los sueños son comunes y posibles en los niños, estos no son influenciados por la técnica anestésica. Sin embargo los niños fueron capaces de distinguir entre el sueño y los recuerdos intraoperatorios desagradables. Algunos niños llegan a desarrollar ansiedad por largos periodos en diferentes grados de severidad, otros desarrollan temor a médicos hospitalarios y anestesia, otros más presentan sueños recurrentes con algún grado de ansiedad para futuras anestesia. Un paciente de 12 años de edad recordaba como los médicos hacían cosas en su boca mientras le extraían las amígdalas. El niño no podía moverse pero escuchaba la conversación del equipo quirúrgico.

En la mayoría de los casos podemos distinguir dos aspectos. La primera es que pocos niños reportan despertar intraoperatorio y tienen recuerdos





desagradables del evento, la segunda cosas es que los niños que llegan a presentar dicho problema lo reportan muchos años después<sup>50</sup>.

### Mortalidad anestésica y BIS

La asociación entre aquellos factores relacionados con la anestesia y la sobrevida a corto plazo después de cirugía mayor, sigue siendo controversial. Monk y colaboradores mostraron que en cirugía no cardiaca con un BIS menor de 45 en por lo menos cinco minutos, se asoció con riesgo de muerte en el primer año del postoperatorio (RR de 1.24). Lo anterior es probable que esté relacionado con hipoxia cerebral<sup>51</sup>.

### Conclusiones

El BIS es solo una de las múltiples formas de monitorizar la profundidad anestésica, hoy por hoy la más factible de realizar en la práctica clínica diaria, especialmente en cirugía mayor o en pacientes graves con factores de riesgo para despertar. El BIS es un método de monitoreo que reduce significativamente el despertar y el recuerdo intraoperatorio comparado con la clínica, sobre todo en pacientes con alto riesgo de despertar intraoperatorio, especialmente si el paciente recibe relajantes musculares. El principal objetivo de usar esta técnica de monitoreo es prevenir al máximo el llamado despertar y recuerdo operatorio, que representa una muy mala experiencia para quien lo sufre, y que además es motivo de demandas legales, dado que deja una serie de secuelas que afectan el área afectiva e emocional.

Actualmente se está discutiendo la posibilidad de que el BIS nos permita detectar oportunamente daño isquémico cerebral oportuno.

### Referencias

1. Rosow C, Manberg PJ. Bispectral Index Monitoring. *Anesthesiology Clinics of North America*. 2001;19:154-165.
2. Cook TM, Andrade J, Bogod DG et al. 5th National Audit Project on accidental awareness during general anaesthesia. Patient experience, human factor, sedation consent, and medicolegal issues. *Br. J Anesth* 2014;113:560-574.
3. Ghoneim MM. Incidence of and risk factors for awareness during anaesthesia. *Best Practice in Research and Clinical Anaesthesiology* 2007;21:327-343.

4. Gibbs FA, Gibbs EI, Lennox WG. Effects on the electroencephalogram of certain drugs which influence nervous activity. *Arch Intern Med* 1937; 60:154-66.
5. Halliburton JR, McCarthy EJ. Perioperative monitoring with the electroencephalogram and the bispectral index monitor. *AANA J* 2000;68(4):333-40.
6. Rosow C, Manberg PJ. Bispectral Index Monitoring. *Anesthesiology Clinics of North America*. 2001;19:154-165.
7. Sebel PS. Can we monitor depth of anesthesia?. *IARS; Review course lectures* 2001; 94-8
8. Sandin RH, Enlund G, Samuelsson P. Awareness during anesthesia: a prespective case study. *Lancet* 2000;355:707-711.
9. Mashour GA, Avidan MS. Intraoperative awareness: controversies and non-controversies. *British Journal of anesthesia* 2015;i20-223.
10. Sandhu K, Dash HH. Awareness during anaesthesia. *Indian Journal of Anesthesia* 2009;53:148-157.
11. Russell IF. The ability of bispectral index to detect intra-operative wekefulness during isoflurane/air anaesthesia compared with the isolated forearm technique. *Anaesthesia* 2013;68:1010-1020.
12. Struys MM, Jensen EW, Smith W, Smith NT, Rampil I, Dumortier FJ, Mestach C, Mortier EP. 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(4):803-16.
13. Sebel PS, Lang E, Rampil IJ, White PF, Cork R, Jopling M, Smith NT, Glass PS, Manberg P. A multicenter study of bispectral electroencephalogram analysis for monitoring anesthetic effect. *Anesth Analg* 1997;84(4):891-9.
14. Cook TM, Andrade J, Bogod DG et al. 5th National Audit Project on accidental awareness during general anaesthesia. Patient experience, human factor, sedation consent, and medicolegal issues. *Br. J Anesth* 2014;113:560-574.
15. Aceto P, Perilli V, LAi C. Update on post-traumatic stress síndrome after anesthesia. *European Review for Medical Pharmacological Sciences* 2013;17:1730-1737.
16. Osborne GA, Bacon AK, Runciman WB, Helps SC. Crisis management during anaesthesia awareness and anaesthesia. *Healt Care* 2005;14:e16.
17. Sebel PS, Lang E, Rampil IJ, White PF, Cork R, Jopling M, Smith NT, Glass PS, Manberg P. A multicenter study of bispectral electroencephalogram analysis for monitoring anesthetic effect. *Anesth Analg* 1997;84(4):891-9.
18. Puri GD. Paradoxical changes in bispectral index during nitrous oxide administration. *Br J Anaesth*. 2001;86(1):141-2.
19. Detsch O, Schneider G, Kochs E, Hapfelmeier G, Werner C. Increasing isoflurane concentration may cause paradoxical



- increases in the EEG bispectral index in surgical patients. *Br J Anaesth* 2000;84(1):33-7.
20. Guignard B, Chauvin M. Bispectral index increases and decreases are not always signs of inadequate anesthesia. *Anesthesiology* 2000;92:903.
  21. Kate L, Short TG. Low bispectral index values and death: the unresolved causality dilemma. *Anesth Analg* 2011;113:660-663.
  22. Gan TJ, Glass PSA, Windsor A, et al. Bispectral index monitoring allows faster emergence and improved recovery from propofol, alfentanil and nitrous oxide anesthesia. *Anesthesiology* 1997;87:808-15.
  23. Johansen JW, Sebel PS, Sigl JC. Clinical impact of hypnotic titration guidelines based on EEG bispectral index (BIS) monitoring during routine anesthetic care. *J Clin Anesth* 2000;12:433-43.
  24. Johansen JW, Sebel PS. Development and clinical application of electroencephalographic bispectrum monitoring. *Anesthesiology* 2000;93:1336-1344
  25. Sebel PS. Central nervous system monitoring during open heart surgery: an update. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998;12(2 Suppl 1):3-8.
  26. Kussman BD, Gruber EM, Zurakowski D, Hansen DD, Sullivan LJ, Laussen PC. Bispectral index monitoring during infant cardiac surgery: relationship of BIS to the stress response and plasma fentanyl levels. *Paediatr Anaesth*. 2001;11(6):663-9.
  27. Riker RR, Wilkins ML, Fraser GL. Titrating pentobarbital infusions for refractory intracranial hypertension using the bispectral index (abstract). *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159:A828.
  28. De Deyne C, Struys M, Decruyenaere J, Creupelandt J, Hoste E, Colardyn F. Use of continuous bispectral EEG monitoring to assess depth of sedation in ICU patients. *Intensive Care Med* 1998;24:1294-1298.
  29. Frenzel D, Greim CA, Sommer C, Bauerle K, Roewer N. Is the bispectral index appropriate for monitoring the sedation level of mechanically ventilated surgical ICU patients?. *Intensive Care Med* 2002; 28:178-183.
  30. **Benoit V, Paqueron X, Le Cosquer P, Langeron O, Coriat P, Riou B.** Detection of brain death onset using the bispectral index in severely comatose patients. *Intensive Care Medicine* (19 Marzo del 2002). Publicación on-line (Springer-Verlag).
  31. Wijdicks EF. The diagnosis of brain death. *N Engl J Med* 2001;344:1215-1221.
  32. Anez Simon C, Recasens Urbez J, Lorente Cogollo C, Bodi Saera M, Rull Bartomeu M. The bispectral electroencephalographic index (BIS) and brain death. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 2000;47:422-423.
  33. Hana AR, Inchoisa MA, Frost EAM. The bispectral index as a predictor of outcome after head injury (abstract). *Anesth Analg* 1999;88:S56.
  34. Mashour GA, Kent C, Picton P, Ramachandran SK. Assessment of intraoperative awareness with explicit recall: a comparison of 2 methods. *Anesth Analg* 2013;116:889-891.
  35. Barr G, Anderson RE, Samuelsson S, Öwall A, Jakobsson JG. Fentanyl and midazolam anaesthesia for coronary bypass surgery: a clinical study of bispectral electroencephalogram analysis, drug concentrations and recall. *Br J Anaesth* 2000; 84:749-752.
  36. Heck M, Kumle B, Boldt J, Lang J, Lehmann A, Saggau W. Electroencephalogram bispectral index predicts hemodynamic and arousal reactions during induction of anesthesia in patients undergoing cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2000;14:693-7.
  37. Walder B, Suter PM, Romand JA. Evaluation of two processed EEG analyzers for assessment of sedation after coronary artery bypass grafting. *Intensive Care Med*. 2001;27:107-14.
  38. Mychaskiw G, Heath BJ, Eichhorn JH. Falsely elevated bispectral index during deep hypothermic circulatory arrest. *Br J Anaesth*. 2000;85:798-800.
  39. Dewandre PY, Hans P, Bonhomme V, Brichant JF, Lamy M. Effects of mild hypothermic cardiopulmonary bypass on EEG bispectral index. *Acta Anaesthesiol Belg* 2000;51:187-90.
  40. Hirschi M, Meistelman C, Longrois D. Effects of normothermic cardiopulmonary bypass on bispectral index. *Eur J Anaesthesiol* 2000;17:499-505
  41. Schmidlin D, Hager P, Schmid ER. Monitoring level of sedation with bispectral EEG analysis: comparison between hypothermic and normothermic cardiopulmonary bypass. *Br J Anaesth* 2001;86:769-76.
  42. Chan MT, Cheng BC, Lee TM, Gin T. BIS-guided anesthesia decreases postoperative delirium and cognitive decline. *J Neurosurg Anesthesiol* 2013, 25:33-42.
  43. Doi M, Gajraj RJ, Mantzaridis H, Kenny GN. Effects of cardiopulmonary bypass and hypothermia on electroencephalographic variables. *Anaesthesia* 1997;52:1048-55.
  44. Mathew JP, Weatherwax KJ, East CJ, White WD, Reves JG. Bispectral analysis during cardiopulmonary bypass: the effect of hypothermia on the hypnotic state. *J Clin Anesth* 2001;13:301-5.
  45. Vance JL, Shanks AM, Woodrum DT. Intraoperative bispectral index monitoring and time to extubation after cardiac surgery. *BMC Anesthesiology* 2014;14:79-83.
  46. England MR. The changes in bispectral index during a hypovolemic cardiac arrest. *Anesthesiology* 1999;91:1947-9.
  47. Rampersad SE, Mulroy MF. A case of awareness despite an adequate depth of anesthesia as indicated by a bispectral index monitor. *Anesth Analg* 2005;100:1363-1364.



48. Evans JM, Davies WL. Monitoring anaesthesia. Clin Anesth 1984;2:243-263.
49. Prabhat Kumar S, Koshy T. Monitoring devices for measuring the depth of anaesthesia. An overview. Indian Journal of Anaesthesia 2007;51:365-381.
50. Davidson AJ. Awareness in children: a secondary analysis of five cohort studies. Anaesthesia 2011;66: 446-454.
51. Kertai MD, Whitlock EL, Avidan MS. Brain monitoring with electroencephalography and the electroencephalogram-derived bispectral index during cardiac surgery. Anesth Analg 2012;114:533-546.

