

Despertar transoperatorio y análisis biespectral. Su impacto en la práctica de la anestesiología

Dr. Raúl Carrillo-Esper,* Dr. Luis Daniel Carrillo-Córdova,** Dr. Jorge Raúl Carrillo-Córdova**

* Presidente del Colegio Mexicano de Anestesiología. Jefe de la UTI Fundación Clínica Médica Sur.

** Facultad de Medicina. Grupo NUCE. Universidad Nacional Autónoma de México.

Solicitud de sobretiros:

Dr. Raúl Carrillo Esper.

Fundación Clínica

Médica Sur. Servicio de Terapia Intensiva

seconcapcma@mail.medinet.net.mx

Recibido para publicación: 31-07-06

Aceptado para publicación: 04-09-06

RESUMEN

El recuerdo de los eventos transoperatorios es uno de los principales temores de los enfermos que son sometidos a anestesia general. Sin embargo, el despertar y recuerdo transoperatorio se presenta en 1/1,000 pacientes en cirugía no cardíaca y en 3/1,000 en cirugía. Por lo anterior, el despertar transoperatorio es una de las complicaciones más serias de la anestesia, lo que se refleja en el gran número de artículos médicos y casos médico-legales. Los pacientes que presentan esta complicación refieren la sensación de parálisis, oyen conversaciones del quirófano y sienten la manipulación quirúrgica, lo que se asocia a gran angustia, miedo y dolor. Aunque la mayoría de los enfermos reconocen el evento como real, pocos lo refieren al anestesiólogo, el cual rara vez lo investiga. El síndrome de estrés postraumático es la secuela más frecuente, la cual impacta en la calidad de vida del enfermo. Los signos clínicos de respuesta autonómica y somática son los más usados para valorar la profundidad anestésica, pero tienen baja sensibilidad y especificidad como predictores de despertar transoperatorio. Otras modalidades para este fin (Técnica de antebrazo aislado, electromiograma frontal, contractilidad del esfínter esofágico inferior), no han demostrado su utilidad en la práctica clínica. Se han desarrollado alternativas para producir una versión simplificada del electroencefalograma (EEG) que prediga profundidad anestésica. En los últimos años se ha introducido a la práctica clínica un sistema de reconocimiento de patrones que integra varias determinantes del EEG. El análisis Biespectral (BIS) (Aspect Medical Systems Inc, MA, USA), despliega una variable numérica que se deriva del análisis biespectral del EEG. El rango del BIS es de 0 a 100, valores por debajo de 60 están asociados con inconciencia. Ha mostrado en varios estudios clínicos que es un monitor adecuado de profundidad anestésica. Su uso en la práctica anestesiológica, para guiar la profundidad de la anestesia general, disminuye de manera significativa los despertares y recuerdos transoperatorios, optimiza la dosis de los medicamentos, reduce los tiempos de estancia en la unidad de cuidados postanestésicos y los costos.

Palabras clave: Despertar transoperatorio, síndrome de estrés postraumático, electroencefalograma, monitoreo, análisis biespectral.

SUMMARY

Intra-operative awareness (IA) varies widely from full consciousness to poor recollection of events. Remembering intra-operative events is one of the main fears of patients undergoing general anesthesia. IA occur in 1/1,000 non-cardiac surgery patients and in 3/1,000 cardiac surgery patients. This makes IA one of the most serious complications of anesthesia; the large quantity of published papers and medico-legal cases point out its relevance. Patients with IA claim they feel paralysis, hear conversations and feel the surgical manipulations;

also, they feel helplessness, fear and pain. While patients usually recognize the event as real, few report their experience to the anesthetist. Post-traumatic stress disorder may develop as a devastating sequel of awareness, thus having a negative impact in patients' quality of life. The clinical signs of somatic or autonomic responsiveness have always been the mainstay of anesthetic depth monitoring, but they have low sensitivity and specificity to identify IA. Other techniques to this end (the isolated forearm technique, frontalis electromyography and lower esophageal sphincter contractility) have proven not being useful in clinical practice. Many attempts to produce a simplified interpretation of the electroencephalogram (EEG) that predicts anesthetic depth have been made, but, in most cases, the results were unsatisfactory. Recently, sophisticated pattern recognition systems to assess multiple features of the EEG have been developed. The bispectral index monitor (BIS) analyses the level of consciousness during anesthesia and displays a single number derived from bispectral analysis of the EEG. The BIS ranges from zero to 100; the values below 60 are associated with unconsciousness. BIS has shown to be a reliable indicator of the level of consciousness; that would contribute to decrease significantly IA and to optimize the dose of drugs. Also would reduce the length of stay at the post-anesthetic care unit and the costs of care.

Key words: Intra-operative awareness, post-traumatic stress disorder, electroencephalogram, and bispectral index (BIS).

Antes de la introducción de la anestesia, el dolor y la memoria del evento quirúrgico eran los eventos más temidos. En los últimos años el despertar transoperatorio es uno de los principales temores de los enfermos que van a ser intervenidos quirúrgicamente y se relaciona a consecuencias deletéreas como el síndrome de estrés postraumático y a las implicaciones legales resultantes. En 1937 Guedel describió los planos anestésicos inducidos por el éter, con lo que se logró un gran avance para el control clínico de la profundidad de la anestesia quirúrgica. A partir de la introducción de los relajantes musculares en la práctica cotidiana de la anestesiología se favoreció una mejor manipulación de la vía aérea y del campo quirúrgico pero dio lugar a la posibilidad de que el enfermo estuviese en un plano anestésico superficial, despierto e inmóvil. A partir de diversos reportes que han enfatizado la elevada incidencia del despertar transoperatorio y sus efectos adversos se han diseñado diferentes técnicas para su detección temprana y monitorización.^(1,2)

DESPERTAR TRANSOPERATORIO

El despertar transoperatorio se define como el estado en el que el paciente, bajo anestesia general, es consciente de los sucesos ocurridos durante el transoperatorio, y es capaz de recordarlo y describirlo al terminar el evento anestésico-quirúrgico. Su incidencia es del 0.1 al 0.2% lo que equivale a 1 ó 2 pacientes por cada 1,000 sometidos a anestesia general. En los Estados Unidos de América se estima que se presentan 26,000 casos anuales de despertar transoperatorio. Su incidencia varía de acuerdo al tipo de cirugía, de esta

manera en obstetricia es del 0.9% al 5%, cirugía cardíaca 14% y trauma 11% a 43%. La variabilidad en la incidencia se debe a que se minimiza el problema, no se reporta, desconocimiento, falta de métodos de detección y la falta de estudios controlados y aleatorizados. Los resultados de este evento incluyen recuerdos auditivos, sensación de asfixia, ataques de pánico, dudas y miedo en relación al evento quirúrgico y hasta en el 80% de los casos trastornos psiquiátricos, dentro de los que destaca el síndrome de estrés postraumático, que se caracteriza por ansiedad, insomnio, pesadillas, depresión, alteraciones del sueño y modificaciones conductuales. El estrés postraumático es la causa del 2 al 12% de las demandas relacionadas a la anestesiología⁽³⁻⁶⁾.

El despertar transoperatorio se asocia a la memoria explícita, la que se caracteriza porque requiere del esfuerzo consciente para ser evocada, pero recientemente diversos trabajos también lo relacionan a la memoria implícita o inconsciente. Lubke y colaboradores encontraron correlación entre memoria y profundidad anestésica⁽⁷⁾.

Estudios epidemiológicos han identificado varios factores de riesgo asociados al despertar transoperatorio, los cuales se clasifican en tres grupos que se relacionan al⁽⁸⁻¹¹⁾:

1. Paciente:

- Género femenino
- Niños y adolescentes
- Alcoholismo
- Farmacodependencia
- Enfermos ASA III-IV sometidos a cirugía mayor
- Inestabilidad hemodinámica transoperatoria

- Tratamiento previo con hipertensivos y betabloqueadores
- Vía aérea difícil

2. Tipo de cirugía:

- Anestesia obstétrica: Inducción de secuencia rápida sin opioides, fracciones inspiradas bajas de anestésicos inhalados, período comprendido entre la incisión de la piel y la extracción fetal
- Anestesia cardiovascular: Técnica basada en dosis altas de opioides
- Anestesia en trauma: Infradosificación de fármacos anestésicos

3. Técnica anestésica

- Anestesia inhalatoria: Dosis bajas, disfunción del vaporizador, fuga del sistema, flujos bajos y falta de monitoreo de los vapores anestésicos. Los agentes halogenados son los que presentan el mejor potencial amnésico, sobre todo cuando se utilizan a CAM > 0.6, pero debe tomarse en cuenta que puede haber memoria implícita aun a fracciones inspiradas de 1.2%.
- Anestesia total intravenosa: Las técnicas basadas en la administración de hipnóticos, opioides y relajantes musculares son los que más se asocian al despertar transoperatorio, lo que está relacionado a impregnación inadecuada, dosis de mantenimiento mal calculadas, fallas en el funcionamiento de las bombas, desconexiones, robos por exceso de flujo en una de dos vías simultáneas.
- Relajantes musculares: El empleo de relajantes musculares es uno de los principales factores asociados a despertar transoperatorio. En un estudio que incluyó a 11,785 enfermos intervenidos bajo anestesia general, la incidencia de despertar transoperatorio fue mayor en aquellos que recibieron relajantes neuromusculares⁽¹²⁾.
- Los errores en la administración o identificación de los fármacos intravenosos es la causa más frecuente de demandas por cirugías en pacientes conscientes relajados. El monitoreo de la relajación neuromuscular es fundamental. Los relajantes musculares deberán emplearse únicamente si son necesarios. Deben dosificarse cuidadosamente y tomar en cuenta que en el recuerdo transoperatorio sin experiencia dolorosa la probabilidad de secuelas psicológicas permanentes es menor.

Debido a la magnitud del problema, en el 2004 la Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations, lanzó una alerta relacionada al despertar intraoperatorio y en el 2005 la American Society of Anesthesiologists publica un documento en el que se incluye una revisión sistemática de la evidencia científica relacionada a la pre-

vención, diagnóstico y tratamiento del despertar transoperatorio^(13,14).

Las manifestaciones clínicas del despertar transoperatorio son pocas. Como se ha comentado en este texto, los relajantes musculares inducen la ausencia de dos de los signos más importantes de la profundidad anestésica: La frecuencia y la profundidad de la respiración y los movimientos en respuesta al dolor. Otros signos clásicos que tienen una baja sensibilidad y especificidad en relación al grado y profundidad de la anestesia son el diámetro pupilar, frecuencia cardíaca, presión arterial, lagrimeo y diaforesis. Por lo anterior y en base a la experiencia clínica, evidencia científica y recomendaciones de diferentes corporaciones es imperativo el empleo de sistemas de monitoreo de profundidad anestésica, los que son de utilidad para evaluar la profundidad de la anestesia y diagnosticar la presencia de despertares transoperatorios.

Las medidas para prevenir el despertar transoperatorio se inician en la valoración preanestésica con la detección de los factores de riesgo que ya fueron descritos. En la fase de preinducción de la anestesia se recomienda seguir con los protocolos de revisión de la máquina y del etiquetado de medicamentos. Se deberá revisar el buen funcionamiento de los accesos venosos, bombas de infusión y conexiones. La monitorización transoperatoria de la profundidad anestésica deberá ser multimodal e incluir valoración clínica, medición de los anestésicos inhalatorios espirados y el empleo de dispositivos diseñados para el monitoreo de la profundidad anestésica.

En el postoperatorio deberá de hacerse una valoración de acuerdo al modelo de Brice para detectar un probable caso de despertar transoperatorio, sobre todo en aquellos pacientes que tengan uno o varios factores de riesgo. Las preguntas que incluye la entrevista estructurada de acuerdo al modelo de Brice son:

- ¿Qué es lo último que recuerda antes de haberse dormido?
- ¿Qué es lo primero que recuerda al despertar?
- ¿Recuerda algo desde que se durmió hasta que se despertó?
- ¿Tuvo algún sueño durante el procedimiento?
- ¿Qué fue lo peor de su intervención?

Los recuerdos que se han relacionado con el despertar transoperatorio incluyen: Ruidos, voces, palabras concretas, tacto, sensaciones visuales, ensoñaciones, pesadillas. La primer entrevista deberá realizarse en la sala de recuperación postanestésica y se recomienda una segunda entre el primero y séptimo día⁽¹⁵⁾.

Las acciones a seguir ante un enfermo en riesgo o que ha presentado despertar transoperatorio son las siguientes:

1. Determinar qué pacientes presentan mayor riesgo. Obesidad, narcóticos, uso crónico de hipnóticos, sedantes y alcoholismo.

2. Estar atentos a situaciones asociadas con el problema que son reportadas en la literatura. Inestabilidad cardiovascular y anestesia superficial.
3. Prestar atención a cirugías que puedan asociarse con despertar como revascularización coronaria, cesárea, politrauma.
4. Informar al paciente, con anticipación, la probabilidad de que se presente el problema, en especial en aquellos individuos susceptibles. Dejar consentimiento informado en la historia.
5. Administrar agentes inhalatorios a una concentración mínima de 0.8 CAM.
6. Examinar meticulosamente la máquina de anestesia y en el transoperatorio vigilar la concentración espirada de agentes inhalatorios.
7. Ante una intubación difícil, revalorar las dosis de agentes inductores endovenosos, para aplicar suplementos si es el caso.
8. Los opioides, en dosis convencionales, no son agentes anestésicos y las técnicas balanceadas deben suplementarse con agentes inhalatorios potentes o infusión de otros agentes endovenosos.
9. Asegurarle al paciente que si llegara a despertarse bajo anestesia, el anesestesiólogo estaría en capacidad de darse cuenta y manejar la situación rápidamente.
10. Si durante el curso de una anestesia general, se percibe que el paciente está despierto, se sugiere comunicarse con él, preguntándole si lo escucha y si tiene o no dolor.
11. Si el despertar y la recordación ocurrieron, tratar de dar al paciente una oportunidad de discutir exactamente qué fue lo que pasó.
12. Escuchar al paciente, no estar a la defensiva.
13. Utilizar un acercamiento lo más equilibrado al paciente, aceptando su validez y tratando de dar una explicación a lo ocurrido.
14. Por otro lado, las sugerencias positivas en el acto quirúrgico, pueden tener efectos benéficos, como por ejemplo: Acortamiento de la estancia hospitalaria, deambulación precoz, disminución de dolor, náuseas y vómito e incluso mejoría o aceleración en la cicatrización de la herida quirúrgica.

BASES NEUROFISIOLÓGICAS DEL MONITOREO DE LA PROFUNDIDAD ANESTÉSICA

La evidencia clínica y científica puntualiza la importancia del monitoreo de la profundidad anestésica, en base a la estrecha relación entre la respuesta autónoma y la percepción consciente durante la anestesia, a partir de lo cual se desarrollaron sistemas indirectos de monitorización. El concepto actual de la anestesia correlaciona dos componentes que integran el proceso central que lleva al plano anestésico

co adecuado y que se integra a nivel cortical y subcortical. A nivel cortical se integra la inconsciencia y la amnesia, mientras que a nivel subcortical la antinocicepción, la estabilidad motora y la neurovegetativa. Este nuevo abordaje está desplazando nuestra percepción inicial del triángulo que interrelaciona la hipnosis, analgesia y relajación muscular. Los componentes corticales de los diferentes fármacos anestésicos modifican de manera significativa los procesos cognitivos y la inconsciencia es parte de éstos, definiendo a la inconsciencia como la ausencia de la percepción y conocimiento del mundo exterior. Por lo anterior, el indicador más obvio de la pérdida de la conciencia es el componente cortical de la función cerebral, el cual puede ser monitoreado por diferentes abordajes neurofisiológicos. Esto ha venido a demostrar que la amnesia y la inconsciencia son dos procesos diferentes, sobre los cuales los anestésicos tienen diferentes efectos. En este nuevo modelo se propone que la respuesta motora no es un proceso cortical, sino más bien medular, lo que fue propuesto por Glass, quien separó la pérdida de la conciencia y la inhibición de los movimientos⁽¹⁶⁻¹⁸⁾.

El cerebro es el órgano blanco más importante de la mayoría de los anestésicos, por lo que el electroencefalograma y otros estudios neuropsicológicos como los potenciales evocados auditivos son indicadores de la actividad cerebral durante la anestesia. Al paso de los años se han desarrollado diferentes técnicas de monitoreo que tienen como finalidad el análisis de la actividad eléctrica cerebral y su modificación con diferentes anestésicos. Los sistemas de monitoreo que se han diseñado para medir exclusivamente el grado de hipnosis no tienen la capacidad de predicción con respecto a los diferentes componentes implicados en el proceso anestésico y hasta el momento no hay ningún dispositivo que monitoree la nocicepción. El monitoreo de la hipnosis es parte fundamental de la anestesiología moderna y un buen número de estudios han demostrado sus bondades en la práctica cotidiana de la anestesiología. Cada uno de los grupos de efectos paralelos puede ser monitoreado lo que facilita la comprensión de las diferentes fases integradas de la anestesia. En base a esto se desarrolló la teoría neurofisiológica de la cascada de la anestesia, en la cual se integra la acción y efecto de los anestésicos desde el inicio de su acción cortical a la supresión del estado de alerta. Las fases de esta cascada son⁽¹⁹⁻²¹⁾:

1. La disminución del flujo sanguíneo cerebral inhibe:
2. Estimulación del sistema reticular ascendente sobre tálamo y corteza.
3. El bloqueo del sistema activador reticular ascendente disminuye e inhibe la actividad límbico y córtico prefrontal que resulta en:
4. Bloqueo de memoria retrógrada y anterógrada.

5. Inhibición del núcleo reticular del tálamo con cierre de las vías tálamo corticales y del sistema de proyección difuso mediado por vías GABAérgicas.
6. Bloqueo tálamo cortical y de las vías parietofrontales, lo que induce disminución de la percepción y desacoplamiento de la actividad gamma y la conciencia. Depresión de actividad cortical.

Como se ha comentado, la inhibición tálamo cortical y la motora son eventos diferentes. Para lograr una adecuada depresión de la motoneurona y por lo tanto inmovilidad se requiere mayor concentración del anestésico que el requerido para suprimir la función cerebral. Por lo tanto, el valorar los movimientos musculares como marcador de la profundidad anestésica llevaría al empleo de dosis elevadas de anestésicos. Diferentes vapores anestésicos, entre ellos el sevoflurano inhiben los reflejos medulares nociceptivos y no nociceptivos, y reducen la despolarización acumulativa y el potencial reflejo del asta anterior de la médula espinal. Las capas 1 y 5 de la corteza cerebral, al ser estimuladas activan la corteza sensorial e inducen un sistema de reverberación córtico-talámica que es parte fundamental de los sistemas de integración para la percepción motora consciente. Los anestésicos, al inducir un bloqueo aferencial córtico-subcortical inhibe este sistema y lleva a un bloqueo sensitivo, de esta manera para mediar la inconsciencia es fundamental el bloqueo del mecanismo de reentrada tálamo-subcortical y de las dendritas corticales piramidales asociado a la inhibición de las áreas somatosensoriales y laterales de la ínsula y del núcleo ventrolateral posterior del tálamo. En resumen, el efecto de los anestésicos a nivel cerebral es desintegrar los circuitos de percepción, alerta, nociceptivos, vegetativos y de memoria⁽²²⁻²⁵⁾.

ELECTROENCEFALOGRAMA Y TEOREMA DE FOURIER

El electroencefalograma (EEG) consiste en el registro de la actividad eléctrica procedente de la corteza cerebral a través de electrodos colocados en el cuero cabelludo. La base del registro la constituyen los potenciales postsinápticos que se generan en las células piramidales corticales. El tálamo es el marcapaso eléctrico, modulado por la sustancia reticular activadora ascendente, lo que determina su descarga sincrónica. La onda normal del EEG tiene una amplitud de 20 a 200 μV y una frecuencia de 0 a 50 Hz. Desde los 50's se conoce el efecto de los anestésicos sobre la actividad electroencefalográfica que se caracteriza en términos generales por aumento en la amplitud, disminución de la frecuencia y períodos de silencio eléctrico. La señal procesada del EEG se ha aplicado en la práctica anestesiológica como una manera de valorar la profundidad anestésica. La señal

análoga procedente de los electrodos cutáneos es muestreada y cada onda registrada se define como una inscripción positiva o negativa. La frecuencia máxima de la señal del EEG es de 30 a 40 Hz. Una vez digitalizada la señal pasa por una serie de filtros que reconocen y eliminan los artefactos (bisturí eléctrico, electrocauterio), otros artefactos incluyen la actividad electromiográfica, la señal de la corriente alterna, el electrocardiograma.

La señal del EEG se analiza de acuerdo al dominio de tiempo y de frecuencia. De acuerdo al dominio de tiempo el EEG se considera como un voltaje alterno compuesto por un gran número de ondulaciones superpuestas una sobre otra, en relación con el dominio de frecuencia; el EEG puede analizarse en relación a la frecuencia como un conjunto de ondas de diferente frecuencia en base al análisis o teorema de Fourier, el cual postula que cualquier forma ondulatoria compleja que varía en el tiempo arbitrariamente puede ser descompuesta en la suma de ondas seno o coseno simples. El análisis de Fourier genera un espectro de frecuencias que es un histograma de amplitudes en función de la frecuencia (Figura 1). En los monitores clínicos el electroencefalograma es descompuesto en su espectro de frecuencia mediante la transformación rápida de Fourier, Cooley y Tukey, pues este algoritmo permite computarizar los datos.

$$P(f_i) = X(f_i) * X^*(f_i)$$

$P(f_i)$: Poder del espectro, $X(f_i)$: amplitud elevada al cuadrado, $X^*(f_i)$: conjugado del número complejo.

De este abordaje se pueden obtener los siguientes parámetros: Amplitud o potencia total, amplitud o potencia de banda, frecuencia de la potencia pico, frecuencia de la potencia mediana.

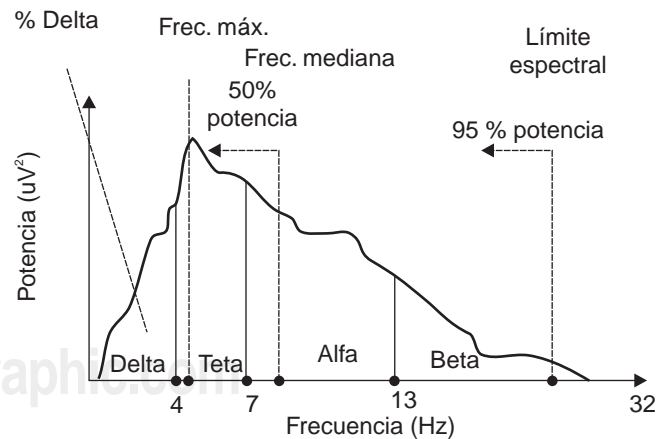


Figura 1. Histograma de amplitudes en función de la frecuencia del electroencefalograma.

ANÁLISIS E ÍNDICE BIESPECTRAL (BIS)

1) Análisis biespectral

El análisis biespectral es un método matemático que permite estudiar los trenes de ondas de la señal del EEG mediante las posibles interacciones entre las diferentes ondas sinusoidales. A diferencia del análisis de Fourier que mide la fase de las frecuencias, el análisis biespectral mide la correlación de la fase entre las diferentes frecuencias obtenidas. El significado fisiológico en un modelo simple cuanto mayor sea la relación de fase, menor será el número de neuronas marcadas en el EEG y en anestesia esto se asociaría a estados más profundos de hipnosis. El análisis biespectral cuantifica la relación entre los diferentes componentes sinusoidales del EEG, mide la relación entre los sinusoides a dos frecuencias primarias y un componente de modulación a una frecuencia igual a la suma de las frecuencias primarias. El biespectro $B(f_1, f_2)$ se calcula multiplicando tres valores complejos, el valor de las frecuencias primarias por el valor del conjugado de la frecuencia-modulación. El resultado es el determinante fundamental del análisis biespectral.

2) Índice biespectral (BIS)

El índice BIS (Aspect Medical Systems, USA) se ha definido mediante el análisis biespectral del EEG de un gran número de pacientes durante diferentes tipos de anestesia general. En el BIS el EEG digitalizado es filtrado para eliminar interferencia de alta y baja frecuencia dividido en intervalos de 2 segundos. El parpadeo, la actividad muscular y otras señales eléctricas son eliminadas. Se analiza el EEG basal y se elimina el voltaje contaminante. El BIS es un índice derivado que depende de la medida de la coherencia entre los componentes de la electroencefalografía cuantitativa. El parámetro derivado del análisis biespectral y que es utilizado por el BIS es la sincronización rápida-lenta que se define como el logaritmo del cociente entre la suma de todos los picos del biespectro entre 0.5 a 47 Hz y la suma del biespectro en el área de 40 a 47 Hz⁽²⁶⁾.

Para definir el índice BIS, se utilizan cuatro componentes del EEG:

- Índice beta (relación $\log 30-47 \text{ Hz}/11-20\text{Hz}$).
- Sincronización rápida-lenta (relación \log biespectros $0.5-47\text{Hz}/40-47\text{Hz}$).
- Tasa de brotes de supresión.
- Tasa de brotes de casi supresión.

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.

Los brotes de supresión son períodos de actividad del EEG con bajo voltaje o isoelectrónicos (voltaje $< 5 \text{ mV}$) con una duración de al menos 0.5 segundos, que se alternan con períodos de voltaje normal. Pueden ser provocados por una anestesia profunda u otras situaciones de baja actividad cerebral como la hipotermia o la isquemia cerebral. Con los registros de gran cantidad de pacientes despiertos y anestesiados, asociados a los signos clínicos y a los datos farmacocinéticos, se han realizado análisis multivariantes que han permitido desarrollar un algoritmo que define el índice BIS. Este índice BIS se expresa en un valor numérico adimensional de 0 a 100, y tiene una buena correlación con la profundidad hipnótica (100 = despierto, 0 = anestesia muy profunda). Aunque algunos autores han calculado la probabilidad de que el paciente pierda y recupere la conciencia con determinados niveles de BIS, lo correcto no es dar valores absolutos, sino rangos de respuesta. Se considera que un paciente está en un plano hipnótico adecuado cuando el BIS marca entre 60 y 40, aunque se han descrito grandes variaciones interindividuales para un mismo tipo de fármaco⁽²⁷⁻³⁰⁾.

La interpretación de los valores del índice biespectral en la práctica de la anestesia es la siguiente:

- 100-80: Despierto. Respuesta a estímulos verbales
- 80-60: Despierto. Sedación. Respuesta a estímulos de poca intensidad
- 60-40: Profundidad anestésica ideal para evitar despertar transoperatorio
- 20-40: Plano anestésico profundo.
- 0-20: Supresión de actividad eléctrica
- 0: EEG plano. Plano anestésico en extremo profundo

Para facilitar el manejo anestésico guiado por el BIS se sugiere seguir las recomendaciones anotadas en el cuadro 1.

La literatura sugiere que el uso del monitoreo BIS para guiar la administración de la anestesia general, además de reducir la incidencia del despertar transoperatorio, reduce el gasto y dosis de anestésicos, los efectos colaterales de éstos al sobredosificarse y los efectos colaterales asociados a la excesiva profundidad anestésica, así como la disminución en los tiempos de estancia en las salas de recuperación postanestésica (Figura 2)⁽³¹⁻³⁵⁾.

En un estudio reciente se demostró que en anestesia total intravenosa a base de propofol y remifentanil, la titulación de la infusión de propofol con el BIS redujo el consumo de éste, así como sus concentraciones plasmáticas, con un buen control de la respuesta hemodinámica y neuroendocrina. La efectividad del BIS para monitorizar la profundidad anestésica y disminuir el riesgo de despertar transoperatorio ha sido validada por dos estudios. Ekman comparó un grupo prospectivo de 4,945 enfermos monitorizados con BIS, con

Cuadro I. Toma de decisiones en el transoperatorio en base a la interpretación integral del análisis biespectral.

Transoperatorio	BIS	Tratamiento
Aumento TA, FC o respuesta autonómica o somática	> 65	Aumentar hipnosis y analgesia, identificar estímulo quirúrgico
Estable	> 65	Artefacto o aumentar hipnosis
HipoTA o inestabilidad	> 65	Tratar HipoTA, disminuir anestésico
Aumento TA, FC o respuesta autonómica o somática	50 - 65	Aumentar analgesia, mantener hipnótico, mejorar relajación muscular, antihipertensivo
Estable	50 - 65	Situación óptima
HipoTA, inestabilidad	50-65	Tratar HipoTA, disminuir anestésico
Aumento TA, FC o respuesta autonómica o somática	< 45	Disminuir hipnosis, profundizar anestesia, antihipertensivo
Estable	< 45	Disminuir hipnótico, valorar disminuir anestésico
HipoTA, inestabilidad	< 45	Tratar HipoTA, disminuir anestésico e hipnótico

**Figura 2.** Monitor BIS (Aspect Medical Systems, USA).

un control histórico de 7,826 enfermos que no fueron monitorizados con ningún tipo de estudio neurofisiológico. En el grupo monitorizado con BIS, el despertar transoperatorio se redujo en un 78%. En el estudio B-Aware, se llevó a cabo una investigación multicéntrica, prospectiva, aleatorizada y doble ciego que compara dos grupos de alto riesgo. Un grupo de 1,225 enfermos fue monitorizado con BIS, el otro que incluyó 1,238 no recibió ningún tipo de monitoreo. En el grupo de BIS la frecuencia de despertar transoperatorio

fue del 0.17% contra 0.91% del grupo control. Estos resultados muestran una reducción del 82% del despertar transoperatorio en el grupo BIS. En una publicación que recopila 8,700,000 casos de anestésias monitoreadas con BIS, se reportan 103 casos de probable despertar transoperatorio, de los 49 casos confirmados, todos tenían cifras de BIS por arriba de 60, lo que traduce que se encontraban en un plano superficial de anestesia⁽³⁶⁻³⁹⁾.

La monitorización del BIS se ha validado como medida de hipnosis en adultos y niños mayores de un año. Ha sido utilizada fundamentalmente en anestesia, y se considera que el rango óptimo de sedación profunda para cirugía se encuentra entre 40 y 60. Recientemente su uso se ha ampliado a los adultos críticos. Su empleo en niños es todavía incipiente, aunque algunos estudios ya han demostrado su utilidad durante la cirugía y en pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátrica⁽⁴⁰⁻⁴³⁾.

CONCLUSIONES

El despertar transoperatorio es una grave complicación asociada a la anestesia general, de etiología múltiple y graves consecuencias para el enfermo y el anestesiólogo. El análisis biespectral ofrece un sistema de monitoreo sencillo y no invasivo que disminuye de manera significativa esta complicación, sobre todo en los enfermos que tienen factores de riesgo para desarrollarla.

REFERENCIAS

1. Klapfta JM, Roizen M. Current understanding of patients attitudes toward and preparation for anaesthesia: a review. *Anaesth Analg* 1996;83:1314-1321.
2. Sandin RH, Enlund G, Samuelson P, Lennmarken C. Awareness during anaesthesia: a prospective case study. *Lancet* 2000;355:707-11.
3. Ghoneim MM. Awareness during anesthesia. *Anesthesiology* 2001;92:597-602.
4. Osterman JE, Hopper J, Heran WJ. Awareness under anesthesia and the development of posttraumatic stress disorder. *Ger Hosp Psych* 2001;23:198-204.

5. Aitkenhead AR. The pattern of litigation against anesthetists. *Br J Anaesth* 1994;73:10-21.
6. Sebel PS, Bowdle A, Ghoneim MM, Rampil II, Padilla RE, Tong Joo Gang, Domino KB. The incidence of awareness during anesthesia: a multicenter United States Study. *Anesth Analg* 2004;99:833-839.
7. Lubke GH, Keressens C, Pha H, Sebel PS. Dependence of explicit and implicit memory on hypnotic state in trauma patients. *Anesthesiology* 1999;90:670-680.
8. Ranta SO, Laurila R, Saario J, Ali-Melkkila T, Hynynen M. Awareness with recall during general anesthesia: incidence and risk factors. *Anesth Analg* 1998;86:1084-1089.
9. Ghoneim MM, Weiskopf RB. Awareness during anesthesia. *Anesthesiology* 2000;92:597-604.
10. Phillips AA, McLean RF, Devitt JH, Harrington EM. Recall of intraoperative events after general anesthesia and cardiopulmonary bypass. *Can J Anaesth* 1993;40:922-926.
11. Bogetz MS, Katz JA. Recall of surgery for major trauma. *Anesthesiology* 1984;61:6-9.
12. Sandin RH, Enlund G, Samuelsson P, Lennmarken C. Awareness during anaesthesia: a prospective case study. *Lancet* 2000;355:707-711.
13. Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations. Sentinel Event Alert. Preventing and managing the impact of anesthesia awareness. Issue 32, October 2004.
14. American Anesthesiologists Association House of delegates. Practice Advisory for Intraoperative Awareness and Brain Function Monitoring. 2005.
15. Brice DD, Hetherington RR, Utting JE. A simple study of awareness and dreaming during anaesthesia. *Br J Anaesth* 1970;42:535-542.
16. Rampil J. Anesthetic potency is not altered after hypothermic spinal cord transection in rats. *Anesthesiology* 1994;80:606-610.
17. Kissin I. A Concept for assessing interactions of general anesthetics. *Anesth Analg* 1997;85:204-210.
18. Glass PS. Anaesthetic drug interactions: an insight into general anesthesia. Its mechanism and dosing strategies. *Anesthesiology* 1998;88:5-6.
19. Baars BJ. Tutorial commentary: surprisingly small sub cortical structures are need for the state of waking consciousness, while cortical projections areas seem to provide perceptual contents of consciousness. *Conscious Cog* 1995;4:159-162.
20. E. Roy John, Leslie S. Pritchep. The anesthetic Cascade. *Anesthesiology* 2005;102:447-471.
21. Newman J. Putting the puzzle together: 1. Towards a general theory of the natural correlates of consciousness. *J Consciousness Studies* 1997;4:46-66.
22. Matute E, López-García JA. Characterization of sevoflurane effects on spinal somato-motor nociceptive and no-nociceptive transmission in neonatal rat spinal cord: an electrophysiological study *in vitro*. *Neuropharmacology* 2003;6:811-806.
23. Thompson E, Varela FJ. Radical embodiment: Neural dynamics and consciousness. *Trends Cogn Sci* 2001;5:418-425.
24. Larkum ME, Kaiser KM, Sakmann B. Calcium electrogenesis in distal apical dendrites of layer 5 pyramidal cells at a critical frequency of back propagating actions potentials. *Proct Natl Acad Sci USA* 1999;96:14600-4.
25. Rosen G, Hugdahl K, Ersland L, Lundervold A, Smievoll AI, Barndon R, Sundberg H, Thomsen T, Roscher BE, Tjolsen A, Engelsen B. Different brain areas activated during imagery of painful and non-painful finger movements in a subject with an amputated arm. *Neurocase* 2001;7:255-260.
26. Rampil II. A primer for EEG signal processing in anesthesia. *Anesthesiology* 1998;89:980-1002.
27. Sigl JC, Chamoun NG. An introduction to bispectral analysis for the electroencefalogram. *J Clin Monit* 1994;10:392-404.
28. Sebel PS, Lang E, Rampil II, White PF, Cork R, Jopling M, Smith NT, Glass PSA, Manberg PA. Multicenter study of bispectral electroencefalogram Analysis for Monitoring Anesthetic effect. *Anesth Analg* 1997;84:891-899.
29. Rosow C, Manberg PJ. Bispectral index monitoring. *Anesth Clin North Am* 1998;2:89-107.
30. Bispectral monitoring technology: clinical applications. Sebel. *Anesthesia for the new millennium. Modern anesthetic clinical pharmacology*. Edited by Theodore H. Stanley and Talmage D. Egan. Kluwer Academic Publishers. 1999:99-104.
31. Liu SS. Effects of bispectral index monitoring on ambulatory anesthesia. a meta-analysis of randomized controlled trials and a cost analysis. *Anesthesiology* 2004;10:311-315.
32. Gan TJ, Glass PS, Windsor A, Payne F, Rosow C, Sebel P, Manberg P. Bispectral index monitoring allows faster emergence and improved recovery from propofol, alfentanil, and nitrous oxide anesthesia. *Anesthesiology* 1997;87:808-815.
33. Friedberg BL, Sigl JC. Bispectral index (BIS) monitoring decreases propofol usage in propofol-ketamine office-based anesthesia. *Anesth Analg* 1999;88:S54.
34. Badrinath S, Avramov MN, Papaioannou ME, Ivankovich AD. The impact of EEG-bispectral index monitoring on drug usage and recovery during ambulatory anesthesia. *Anesth Analg* 1999;88:S51.
35. Yli-Hankala A, Vakkuri A, Annila P, Korttila K. EEG bispectral index monitoring in sevoflurane or propofol anaesthesia: Analysis of direct costs and immediate recovery. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999;43:545-549.
36. Bauer M, Wilhelm W, Kraemer T, Kreuer S. Impact of Bispectral Index Monitoring on Stress Response and Propofol Consumption in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Surgery. *Anesthesiology* 2004;101:1096-1100.
37. Ekman A, Linholm ML, Lennmarken C, Sandin R. Reduction in the incidence of awareness using BIS monitoring. *Acta Anaesthesiol Scand* 2004;48:20-26.
38. Myles PS, Leslie K, McNeil J, Forbes A, Chan MT. Bispectral index monitoring to prevent awareness during anaesthesia: The B-aware randomized controlled trial. *Lancet* 2004;363:1757-1763.
39. Rampil I. False negative BIS maybe, maybe not! *Anesth Analg* 2001;93:798-804.
40. Denman WT, Swanson EL, Rosow D, Ezbicki K, Connors PD, Rosow CE. Pediatric evaluation of the bispectral index (BIS) monitor and correlation of BIS with end-tidal sevoflurane concentration in infants and children. *Anesth Analg* 2000;90:872-7.
41. Bannister CF, Brosius KK, Sigl JC, Meyer BJ, Sebel PS. The effect of bispectral index monitoring on anesthetic use and recovery in children anesthetized with sevoflurane in nitrous oxide. *Anesth Analg* 2001;92:877-881.
42. Aneja R, Heard AM, Fletcher JE, Heard CM. Sedation monitoring of children by the Bispectral index in the pediatric intensive care unit. *Pediatric Crit Care Med* 2003;4:60-64.
43. Courtman SP, Wardurgh A, Petros AJ. Comparison of the bispectral index monitor with the Comfort score in assessing level of sedation of critically ill children. *Intensive Care Med* 2003;29:2239-2246.