

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

TITULO:

COLOCACIÓN ALTERNATIVA DEL ÍNDICE BIESPECTRAL (BIS) EN LA
REGIÓN OCCIPITAL Y COMPARACIÓN DE SUS RESULTADOS CON
RESPECTO A LA COLOCACIÓN EN LA REGIÓN FRONTAL EN
PACIENTES SOMETIDOS A CRANEOTOMÍA EN EL HOSPITAL MÉXICO
EN LOS MESES DE MAYO A JUNIO DE 2015

Trabajo final de investigación aplicada, sometido a la consideración de la
Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Anestesiología y
Recuperación para optar al grado y título de Especialista en Anestesiología
y Recuperación.

SUSTENTANTE:

MARCO CASTRO CARTÍN

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2015

Dedicatoria

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificios en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar donde estoy y ser lo que soy. Sus ejemplos de vida seguirán siendo mi guía siempre.

Agradecimientos

A mis padres, Francisco y Marta

A mis hermanos, Víctor y Vivian

Y a mis cuatro sobrinos

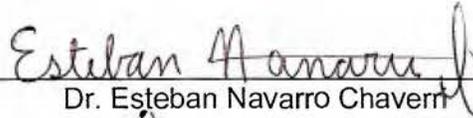
Quienes siempre han estado para mí y me han enseñado que la familia es lo más importante.

A Mónica por el amor y la paciencia en el desarrollo de este trabajo y en todo lo que hacemos.

A la Dra. Daniela Jiménez, Dra. Laura Jiménez, Dr. Andrés Brenes y Dra. Fabiola Castro, quienes dedicaron tiempo y esfuerzo para que tuviera éxito en la creación de esta tesis.

A todos los asistentes del Hospital México y todos los hospitales, que de una u otra forma me han enseñado esta ciencia y arte.

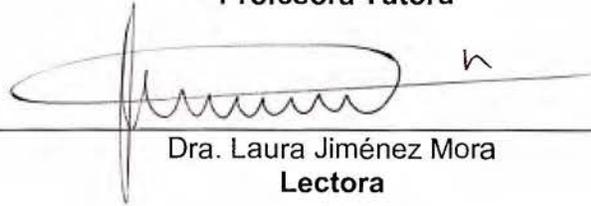
“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Especialidad de Anestesiología y Recuperación de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialidad” .



Dr. Esteban Navarro Chaverri
Representante de la Decana Sistema de Estudios de Posgrado



Dra. Daniela Jiménez Soto
Profesora Tutora



Dra. Laura Jiménez Mora
Lectora



Dr. Andrés Brenes Bastos
Lector



Dra. Adriana Gamboa Bastos
Representante Posgrado de Anestesiología y Recuperación



Marco Castro Cartín
Sustentante

TABLA DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Hoja de aprobación.....	iv
Resumen.....	vii
Lista de tablas.....	viii
Lista de figuras.....	iv
Lista de gráficos.....	iv
Lista de abreviaturas.....	x
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	12
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 Hipótesis.....	14
1.4.1 Hipótesis nula.....	14
1.4.2 Hipótesis alternativa.....	14
1.5 Marco teórico.....	15
1.5.1 Monitorización de la hipnosis.....	15
1.5.1.1 Componentes de la anestesia.....	15
1.5.1.2 Métodos de detección del estado de hipnosis.....	15
1.5.1.3 Despertar intraoperatorio.....	16
a. Incidencia y factores de riesgo.....	16
b. Prevención.....	21
c. Consecuencias.....	22
1.5.1.4 Principios de la monitorización electroencefalográfica en anestesia.....	24
1.5.1.5 Monitores de profundidad anestésica.....	26
1.5.2 Monitorización de la conciencia mediante el Índice Biespectral (BIS) en anestesia.....	30
1.5.2.1 Descripción del dispositivo.....	30
1.5.2.2 Ventajas del uso del BIS.....	34
1.5.2.3 Limitaciones del uso del BIS.....	37
1.5.2.4 Colocaciones alternativas del BIS.....	41

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS DEL ESTUDIO	
2.1 Características de la población del estudio.....	43
2.1.1 Criterios de inclusión.....	43
2.1.2 Criterios de exclusión.....	43
2.2 Metodología en la recolección de datos	43
2.3 Análisis estadístico.....	45
2.3.1 Tamaño de la muestra.....	45
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL ESTUDIO	
3.1 Resultados del estudio.....	47
3.2 Discusión de los resultados.....	60
CAPÍTULO 4: CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO	
5.1 Limitaciones.....	64
5.2 Recomendaciones.....	65
5.3 Conclusiones.....	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	75
Anexo #1. Hoja de recolección de datos.....	76
Anexo #2. Formulario de consentimiento informado.....	77
Anexo #3. Certificación de revisión filológica.....	78

Resumen

La anestesia general se puede considerar como una combinación de la hipnosis (sueño), analgesia y relajación muscular.

En las primeras épocas de la práctica anestésica, la profundidad de la hipnosis se evaluaba por parámetros clínicos, entre los cuales, el movimiento era uno de los más importantes. La introducción de los relajantes neuromusculares aumentó la dificultad de la valoración de la profundidad anestésica debido a que se suprimió este parámetro. Sin embargo, la observación clínica, la monitorización convencional y los monitores de función cerebral pueden mostrar patrones que se correspondan con variaciones en la profundidad anestésica y que pueden alertarnos de la posibilidad de aparición de un episodio de despertar intraoperatorio.

Aunque desde los inicios de la anestesia se conocen episodios de despertar intraoperatorio, solo recientemente se está resaltando su importancia como un problema de consecuencias graves e incidencia no despreciable.

El creciente interés por disminuir la incidencia de despertar intraoperatorio ha propiciado la aparición de nuevos dispositivos que, a través del análisis de la actividad eléctrica cerebral (espontánea o evocada), pueden aproximar aún más a la adecuada valoración del estado de hipnosis de los pacientes. Existe en el mercado varios dispositivos que funcionan bajo tecnologías similares; sin embargo, la tecnología BIS es la mejor documentada en la literatura científica, haciendo que su evaluación sea más fácil en comparación con otros dispositivos.

La colocación de los sensores del índice biespectral (BIS), según la indicación del fabricante es a nivel frontal. Sin embargo, debido a las características intrínsecas de la neurocirugía muchas veces no es posible colocarlo en su lugar habitual y debe ser colocado en una posición alternativa, siendo la colocación a nivel occipital la utilizada en estos servicios para lograr la monitorización de la profundidad anestésica.

En el presente estudio se comparó y analizó la concordancia de los resultados de los valores obtenidos del índice biespectral (BIS), colocado tanto a nivel frontal como occipital en pacientes sometidos a craneotomía bajo anestesia general, en un total de 25 pacientes del Hospital México sometidos a craneotomía ya fuera para resección de tumor o clipaje de aneurisma. Se utilizaron 7 distintos momentos para realizar la comparación de sus valores.

El estudio mostró una fuerte correlación entre los valores BIS de la colocación frontal y occipital durante el periodo posterior a la intubación, durante la incisión quirúrgica en piel, durante la craneotomía y en el mantenimiento de la anestesia.

Lista de tablas

Tabla 1. Características demográficas de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	44
Tabla 2. Distribución de los pacientes según edad, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	45
Tabla 3. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS antes de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	46
Tabla 4. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital antes de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	47
Tabla 5. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS al momento de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	47
Tabla 6. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital antes de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	48
Tabla 7. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS posterior a la intubación endotraqueal (1 min después), de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio...	49
Tabla 8. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital posterior a la intubación endotraqueal (1 min después), de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio...	50
Tabla 9. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS durante la incisión quirúrgica en piel, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	50
Tabla 10. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital durante la incisión quirúrgica en piel, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	51
Tabla 11. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS durante la craneotomía, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	52
Tabla 12. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital durante la craneotomía, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	53

Tabla 13. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS durante el mantenimiento de la anestesia, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	54
Tabla 14. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital durante el mantenimiento de la anestesia, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	55
Tabla 15. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS posterior a la extubación, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	55
Tabla 16. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital posterior a la extubación, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	56
Tabla 17. Niveles de correlación de Pearson y valores de significancia (valor de p) según su edad, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	57
Tabla 18. Niveles de correlación de Pearson y valores de significancia (valor de p) según la clasificación del estado físico de la Sociedad Americana de Anestesiología (ASA), de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	58

Lista de figuras

Figura 1. Componentes del monitor BIS VISTA. (Fotografía cedida por Aspect Medical SystemTM).....	26
Figura 2. Parámetros obtenidos del monitor BIS VISTA. (Fotografía cedida por Aspect Medical SystemTM).....	28

Lista de gráficos

Gráfica 1. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS antes de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	46
Gráfica 2. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS al momento de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	48

Gráfica 3. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS posterior a la intubación endotraqueal (1 min después), de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	49
Gráfica 4. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS durante la incisión quirúrgica en piel, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	51
Gráfica 5. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS durante la craneotomía, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	52
Gráfica 6. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS durante el mantenimiento de la anestesia, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	54
Gráfica 7. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS posterior a la extubación, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.....	56

Lista de Abreviaturas

- ASA:** Sociedad Americana de Anestesiólogos
- DIO:** Despertar intraoperatorio
- BIS:** Índice biespectral
- EEG:** Electroencefalograma
- EMG:** Electromiografía
- SE:** Entropía de estado
- RE:** Entropía de respuesta
- NVPO:** Nauseas y vómitos posoperatorios

INTRODUCCIÓN

La anestesia general se puede considerar como una combinación de la hipnosis (sueño), analgesia y relajación muscular¹. En las primeras épocas de la práctica anestésica, la profundidad de la hipnosis se evaluaba por parámetros clínicos, entre los cuales, el movimiento era uno de los más importantes. La introducción de los relajantes neuromusculares aumentó la dificultad de la valoración de la profundidad anestésica debido a que se suprimió este parámetro².

El concepto actual de despertar intraoperatorio (DIO), incluye la presencia de recuerdo consciente. Por eso, su aparición solo puede determinarse con seguridad en el periodo postoperatorio, obteniendo la información tras entrevistar al paciente. Sin embargo, la observación clínica, la monitorización convencional y los monitores de función cerebral pueden mostrar patrones que se correspondan con variaciones en la profundidad anestésica y que pueden alertarnos de la posibilidad de aparición de un episodio de DIO³.

Otros datos que pueden indicar el estado de hipnosis del paciente, son los derivados de la monitorización habitual (electrocardiograma, tensión arterial, frecuencia cardíaca, pulsioximetría, volumen tidal, capnografía y el análisis teleespiratorio de gases anestésicos) y la evaluación clínica adicional (respuesta a órdenes, la apertura de ojos, el reflejo corneal, el tamaño y reactividad pupilar, la sudoración y el lagrimeo)³.

El creciente interés por disminuir la incidencia de despertar intraoperatorio ha propiciado la aparición de nuevos dispositivos que, a través del análisis de la actividad eléctrica cerebral (espontánea o evocada), pueden aproximar aún más a la adecuada valoración del estado de hipnosis de los pacientes. Estos monitores, tras recoger la actividad eléctrica cerebral y mediante un proceso de amplificación de señal, eliminación de interferencias y conversión de los datos analógicos en digitales, aplican diferentes algoritmos matemáticos a los datos obtenidos para generar un índice simple.

Este índice representa la progresión de los estados clínicos de consciencia. Existe en el mercado varios dispositivos que funcionan bajo tecnologías similares; sin embargo, la tecnología BIS es la mejor documentada en la literatura científica, haciendo que su evaluación sea más fácil en comparación con otros dispositivos². Los pacientes que sufren de despertar intraoperatorio con recuerdo explícito a menudo refieren el despertar intraoperatorio como el peor momento de su vida. La experiencia suele estar acompañada de un estado de ansiedad extrema, impotencia, terror y desamparo. El impacto del despertar intraoperatorio viene dado, no solo por la experiencia momentánea, sino por los trastornos a mediano y largo plazo que acarrea. El estudio más amplio realizado para determinar la incidencia y gravedad de síntomas mentales refiere que el 78% de los pacientes que experimentan despertar intraoperatorio sufre secuelas psicológicas/psiquiátricas y el 45% padece síntomas graves e incapacitantes, que se prolongan por más de dos años, cumpliendo criterios de síndrome de estrés postraumático. En Estados Unidos, las querellas por DIO representan el 1,9% de las demandas interpuestas contra anestesiólogos. En el Reino Unido, el porcentaje asciende al 12%. La indemnización media en Estados Unidos fue de 18.000 dólares, aunque en alguno de los casos fue muy superior^{2,3}.

El monitor BIS permite valorar de forma objetiva los efectos de los anestésicos sobre la actividad cerebral y dosificarlos de forma apropiada según los cambios en la estimulación quirúrgica y las condiciones del paciente durante la cirugía. Existe evidencia científica suficiente que demuestra una reducción en torno al 80% de los episodios de DIO cuando se utiliza el BIS, tanto en pacientes de riesgo como en la población general. El BIS puede ser utilizado durante todo el acto anestésico para proporcionar el efecto hipnótico deseado, evitando tanto la infra como la sobredosificación de anestésicos, que conlleva efectos deletéreos para el paciente (aumento de morbilidad y quizás, también de mortalidad). Esta disminución del consumo de anestésicos conduce a una reducción de los tiempos de recuperación y una reducción en la incidencia de náuseas y vómitos postoperatorios^{1,2,3}.

JUSTIFICACIÓN

La colocación de los sensores del índice biespectral (BIS), según la indicación del fabricante es a nivel frontal. Sin embargo, debido a las características intrínsecas de la neurocirugía muchas veces no es posible colocarlo en su lugar habitual y debe ser colocado en una posición alternativa, siendo la colocación a nivel occipital la utilizada en estos servicios para lograr la monitorización de la profundidad anestésica. Es por lo tanto, de suma importancia analizar la concordancia de los resultados que emite el índice biespectral según su colocación.

Realmente, los pacientes anestesiados pueden experimentar despertar intraoperatorio en ausencia de signos clínicos tales como cambios en la frecuencia cardiaca, presión arterial o incluso movimiento. Por lo tanto, al colocar el índice biespectral (BIS) en la región occipital del paciente y no en su posición habitual, debido a las necesidades y condiciones propias de la cirugía, podría llevar a un mayor riesgo de despertar o conciencia trasoperatoria de manera inadvertida con todas las consecuencias negativas ya conocidas, por lo que investigar si los resultados en esta colocación occipital no habitual son confiables harían las anestесias más seguras, tanto para el anestesiólogo como para el paciente.

Debido a que la tecnología BIS constituye un dispositivo que se utiliza todos los días y en distintos tipos de cirugía en las salas de operaciones y se ha demostrado ampliamente todos los beneficios asociados a su uso, hace necesario un conocimiento amplio del mismo para una adecuada utilización y así, no mal gastar el recurso sin una real necesidad como lo sería una colocación occipital innecesaria e inútil. Es por esto que representa de suma importancia conocer si la colocación occipital que se hace habitualmente en las salas de operaciones, representa un dato confiable de los valores dados por el monitor respecto a su colocación recomendada y así, un verdadero beneficio para los pacientes, de no serlo, los gastos económico y temporal serían un desperdicio.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la concordancia de los resultados de los valores obtenidos del índice biespectral (BIS), colocado tanto a nivel frontal como occipital en pacientes sometidos a craneotomía bajo anestesia general.

Objetivos específicos

1. Observar y documentar los valores obtenidos del BIS en su colocación en la región frontal.
2. Observar y documentar los valores obtenidos del BIS en su colocación alternativa en la región occipital.
3. Comparar los valores obtenidos del BIS según su sitio de colocación frontal y occipital en los diferentes momentos medidos: antes de la inducción de la anestesia, durante la inducción, posterior a la intubación, al momento de la incisión quirúrgica en piel, al momento de la craneotomía, en el transoperatorio durante la resección del tumor o clipaje de aneurisma y posterior a la extubación.
4. Determinar si los valores obtenidos de la colocación del BIS a nivel occipital se correlacionan con los valores obtenidos a nivel frontal y por lo tanto, son confiables para la monitorización del nivel de conciencia transoperatorio de los pacientes sometidos a anestesia general.

HIPÓTESIS

Hipótesis

¿La utilización de la tecnología BIS, colocando sus electrodos en la región occipital produce valores similares y confiables con respecto a su colocación frontal aprobada por el fabricante?

Hipótesis nula

La utilización de la tecnología BIS, colocando sus electrodos en la región occipital no refleja valores similares y confiables con respecto a su localización frontal aprobada por el fabricante.

Hipótesis alternativa

La utilización de la tecnología BIS, colocando sus electrodos en la región occipital, sí refleja valores similares y confiables con respecto a su localización frontal aprobada por el fabricante.

MARCO TEÓRICO

Componentes de la anestesia

El objetivo de la anestesia general es producir tres estados fundamentales: Hipnosis (falta de conciencia y memoria), analgesia (falta de respuesta a los estímulos nocivos, o alivio del dolor) y relajación neuromuscular (falta de movimiento o un campo quirúrgico tranquilo)^{4,5}.

Los anestésicos modernos apuntan a cada uno de estos efectos por separado. Sin embargo, las variaciones farmacológicas hacen que sea imposible encontrar una dosis estándar para todos, por lo que son necesarias herramientas para medir los efectos de los fármacos en cada paciente individualmente¹.

Fármacos hipnóticos pueden producir sueño y falta de conciencia sin suprimir el movimiento. La supresión del movimiento en respuesta a estímulos nocivos está mediada en gran parte por la acción de los anestésicos sobre la médula espinal y no por los centros cerebrales superiores. Los agentes volátiles pueden tener un efecto supresor sobre la médula espinal. Por lo que no visualizar alguna respuesta en uno de estos campos, no garantiza la no funcionalidad del otro⁶.

Métodos de detección del estado de hipnosis

La comprobación del movimiento, la respuesta a las órdenes, apertura de los ojos, reflejo palpebral, respuestas o diámetros pupilares, sudoración y lagrimeo están entre las técnicas clínicas utilizadas para evaluar la conciencia intraoperatoria. Los sistemas de monitorización convencionales incluyen la monitorización estándar según ASA, así como el analizador de gases anestésicos al final de la espiración³.

Su valor puede verse afectado por distintos fármacos o técnicas del entorno perioperatorio (el movimiento por los relajantes neuromusculares, las pupilas por los opioides, la sudoración por las variaciones térmicas, etc.)².

Se puede presentar, así mismo con despertar intraoperatorio en ausencia de taquicardia o hipertensión debido a la influencia de ciertos fármacos como con betabloqueadores utilizados en el periodo perioperatorio³. No se encontraron ensayos clínicos u otros estudios comparativos que evaluaran el efecto de las técnicas clínicas o de monitorización convencionales sobre la incidencia de despertar intraoperatorio. Los estudios reportaron correlaciones con valores de PK que van 0,74 hasta 0,76 para la asociación entre reflejos o movimientos intencionales y los indicadores para la profundidad de la anestesia³.

Para realizar un método más preciso para la detección del estado de hipnosis se utilizan los monitores de profundidad anestésica, estos son dispositivos que recogen y procesan la actividad eléctrica cerebral y convierten esta señal eléctrica, a través de algoritmos matemáticos, en un índice reconocible (habitualmente una escala numérica entre cero y 100). La señal captada puede ser la actividad eléctrica cortical espontánea (electroencefalograma) o la actividad evocada por estímulos (potenciales evocados). En algunos casos se recoge también la actividad electromiográfica de los músculos de la calota. Un monitor fiable de la profundidad anestésica debería mostrar buena correlación entre el valor medido y la respuesta fisiológica durante la intervención, independientemente del anestésico administrado y debería tener poca variabilidad interpersonal².

Despertar intraoperatorio: Incidencia y factores de riesgo

Aunque desde los inicios de la anestesia se conocen episodios de despertar intraoperatorio, solo recientemente se está resaltando su importancia como un problema de consecuencias graves e incidencia no despreciable^{2,3}.

El despertar intraoperatorio se produce cuando un paciente llega a estar consciente durante un procedimiento realizado bajo anestesia general y posteriormente tiene el recuerdo de estos eventos (despertar intraoperatorio no intencionado con memoria explícita), es decir, puede narrar los hechos tras el procedimiento^{3, 7, 8}.

Algunos autores han sugerido que un reporte 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 corroborada también por el personal de quirófano. El paciente que sufre DIO 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 mediano plazo, el DIO provoca trastornos psicológicos/psiquiátricos hasta en un 75% de los pacientes, que en algunos casos pueden resultar incapacitantes. Si se tiene en cuenta la morbilidad asociada con el despertar intraoperatorio, se debería considerarla como un complicación anestésica potencialmente grave y no meramente como un “evento” sin importancia^{2, 3, 7}.

Tres grandes estudios prospectivos, han demostrado una incidencia de despertar intraoperatorio en torno al 0,1-0,2 % (es decir, 1-2 casos por cada mil pacientes anestesiados) y posiblemente sea mayor en niños. Esta incidencia puede aumentar hasta el 1% en pacientes sometidos a cirugías de alto riesgo para DIO (cirugía cardíaca, cirugía de emergencia en politraumatizados y cesáreas bajo anestesia general)^{2, 9}.

Como se evidenció anteriormente, un factor de suma importancia en la incidencia de DIO es el tipo de cirugía practicada. Un estudio realizado en Finlandia determinó la incidencia de despertar intraoperatorio en una población de 929 pacientes sometidos a cirugía cardíaca. La incidencia de conciencia con recuerdo fue de 0,5%. Otro estudio con base en Ontario, evidenció una mayor incidencia de despertar intraoperatorio en pacientes

sometidos a cirugía cardíaca. Este estudio incluyó a 837 pacientes que se sometieron a cirugía cardíaca con *bypass* cardiopulmonar. Setecientos pacientes respondieron a una entrevista estructurada postoperatoria para valoración. Los autores informaron una incidencia de despertar intraoperatorio del 1,14%. Además, en una encuesta realizada a 3.000 pacientes que recibieron anestesia general para cirugía por cesárea, se reportó una incidencia de alrededor de 0,9%. Hasta ahora, los pacientes de trauma han reportado la mayor incidencia de despertar intraoperatorio (11% - 43%)¹⁰.

Los factores de riesgo más comunes se han identificado y se han dividido de acuerdo con si son relacionados con el paciente, con la técnica anestésica o con el tipo de intervención quirúrgica.

Factores relacionados con el paciente:

Edad: parece haber una incidencia mayor de despertar intraoperatorio en niños; sin embargo, esta relación no ha sido establecida de manera directa. Davidson y colaboradores en un estudio prospectivo realizado en 864 niños, han comunicado una incidencia de despertar intraoperatorio del 0,8%¹¹. Blussé y colaboradores reportan mediante un estudio prospectivo de cohorte con 928 pacientes pediátricos, reportaron una incidencia de 0,6%. Las percepciones auditivas y sensoriales eran las sensaciones más comunes reportadas por estos niños. El dolor, la ansiedad y parálisis motora se mencionaron con menos frecuencia. Es importante destacar que a diferencia de los adultos, los niños en general, no refirieron el despertar intraoperatorio como estresante^{12, 13}. Andrade y colaboradores en un estudio con 184 pacientes entre los 5 y 18 años, encontraron una incidencia de despertar intraoperatorio de 1.1%; además, ningún niño tenía recuerdo explícito de eventos intraoperatorios en recuperación y no había pruebas que demostraran memoria implícita para las palabras que se presentan durante la anestesia¹⁴.

Género: no hay estudios que demuestren una mayor incidencia de despertar intraoperatorio en el género femenino, se ha sugerido una mayor incidencia de sueños intraoperatorios entre las mujeres^{2, 15}.

Obesidad: las alteraciones en la farmacocinética de los anestésicos que produce la obesidad, pueden predisponer a despertar intraoperatorio³; sin embargo, estudios más recientes han demostrado que la obesidad no parece aumentar el riesgo de despertar intraoperatorio¹⁶.

Estado físico y medicación preoperatoria: en un estudio prospectivo de cohorte multicéntrico, hecho con 19.575 pacientes, Sebel y colaboradores demostraron un riesgo incrementado de despertar intraoperatorio en pacientes ASA III-V¹⁷. Esto puede reflejar que los pacientes gravemente enfermos están más predispuestos a sufrir un episodio de DIO, dado que su estado puede obligar a infradosificar los fármacos anestésicos².

Existe además, un número significativo de episodios de despertar intraoperatorio registrados en pacientes que presentan inestabilidad hemodinámica perioperatoria, en los que se reduce o se llega a suspender la administración de anestésicos generales con el objeto de evitar su efecto depresor cardiovascular. Igualmente, aquellos pacientes en tratamiento previo con fármacos antihipertensivos o betabloqueantes, entre otros, son susceptibles a sufrir episodios de despertar intraoperatorio al estar expuestos a infradosificación de anestésicos generales para prevenir o tratar episodios de hipotensión arterial. Estos fármacos pueden también enmascarar la hipertensión y la taquicardia, clásicamente considerados como signos de anestesia superficial, aunque su ausencia en casos de despertar intraoperatorio ha sido puesta en evidencia en varios trabajos¹⁸.

Abuso crónico de alcohol o drogas (anfetaminas, cocaína, opioides, benzodiacepinas, entre otros): puede inducir alteraciones farmacocinéticas y aumentar los requerimientos de anestésicos. Fumado,

tratamiento crónico con anticonvulsivantes y dolor crónico en tratamiento con opioides también constituyen factores de riesgo².

Episodios previos de despertar intraoperatorio constituyen un factor de riesgo para nuevos eventos de despertar intraoperatorio¹⁶.

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 intraoperatorio².

Factores relacionados con la técnica anestésica:

Los episodios de despertar intraoperatorio relacionados a la técnica anestésica aparecen generalmente cuando las dosis de anestésicos administradas son menores que las precisadas para un paciente específico y ante un nivel de estimulación quirúrgica determinada. La mayoría de los casos se produce por errores de administración o se favorecen por técnicas anestésicas que dificultan la detección de niveles de hipnosis inadecuados. La utilización de anestesia superficial o de anestesia ligera representa una de las causas más común de despertar intraoperatorio^{2, 16}.

La utilización de relajantes neuromusculares puede duplicar la incidencia de despertar intraoperatorio, esto se debe a que al bloquear las respuestas motoras somáticas, se inhibe el movimiento que podría alertar sobre una falta de profundidad anestésica adecuada. La observación del movimiento, debido a la respuesta somática refleja ante el estímulo quirúrgico es la base del concepto de concentración alveolar mínima (CAM) de anestésico volátil y considerada como uno de los métodos disponibles más fiables para detectar el despertar intraoperatorio, teniendo claro que no puede ser utilizada en aquellos pacientes que se encuentren bajo los efectos de los relajantes neuromusculares².

Sandin y colaboradores, en un estudio prospectivo en 11.785 pacientes intervenidos bajo anestesia general, encontraron una incidencia mayor de despertar intraoperatorio en aquellos pacientes que habían recibido relajantes neuromusculares durante el mantenimiento de la anestesia versus los que no los habían recibido en una relación de 0,18 vs 0,10. Además, los pacientes con DIO a los que se les administró relajantes neuromusculares presentaron secuelas psicológicas más graves que aquellos que no recibieron relajantes musculares^{2, 9, 18}.

Las técnicas de anestesia total intravenosa (TIVA), podrían tener mayor incidencia de despertar intraoperatorio que la anestesia inhalatoria. En general, esto se ha asociado al inicio tardío de la infusión tras la dosis de inducción, pautas de administración inadecuadas, frecuentemente fallos en el funcionamiento de los infusores, desconexión del sistema, obstrucción al flujo, entre otros^{2, 18, 19}. Errando y colaboradores en un estudio con 4001 pacientes, demostraron que el no uso de agentes halogenados en la técnica anestésica aumentó la incidencia de despertar intraoperatorio (1.1% de DIO con TIVA-propofol vs 0.59% anestesia balanceada)¹³.

Factores relacionados con el tipo de intervención quirúrgica:

Anestesia obstétrica: la incidencia de despertar intraoperatorio en la paciente obstétrica es superior al de la población general, varía entre el 0,4 y el 1,3%. Los factores que contribuyen a ello son la inducción de secuencia rápida sin opioides, para evitar el efecto depresor respiratorio en el recién nacido y la reducida fracción inspirada de anestésicos inhalatorios (halogenados), para evitar el efecto tocolítico y el consiguiente riesgo hemorrágico por sangrado uterino^{2, 13, 16, 20}. La mayor parte de los episodios de despertar intraoperatorio ocurren en el período entre la incisión de la piel y la extracción fetal, momento de mayor estímulo quirúrgico con menores concentraciones de anestésico²¹.

Cirugía cardíaca: La incidencia de despertar intraoperatorio en los pacientes sometidos a cirugía cardíaca es superior, en términos generales, a la de la población quirúrgica general. En esta cirugía se suman la reserva hemodinámica habitualmente limitada de los pacientes, el nivel de estimulación quirúrgica variable y las grandes alteraciones farmacocinéticas (en el volumen de distribución, el metabolismo, etc.) que se producen durante la circulación extracorpórea, la hipotermia y el recalentamiento. Estos factores pueden promover la administración de dosis inadecuadamente bajas de hipnóticos durante la intervención^{2, 16, 18}.

Cirugía urgente en el paciente politraumatizado, cirugía de emergencia: la inestabilidad hemodinámica favorece la infradosificación de anestésicos y por lo tanto, aumenta la probabilidad de despertar intraoperatorio. Sin embargo, estos pacientes suelen también presentar hipotermia, hipotensión arterial o intoxicaciones agudas, factores todos ellos que disminuyen los requerimientos anestésicos y les protegen de tal complicación^{2, 3, 18}.

Despertar intraoperatorio: Prevención

Valoración preoperatoria

La entrevista preoperatoria y la identificación de pacientes con factores de riesgo es vital en la prevención del despertar intraoperatorio. En esta, se valorarán las condiciones del paciente, el tipo de intervención y la técnica anestésica prevista.

Una evaluación preoperatoria incluye (1) obtener una historia clínica enfocada (registros médicos, informes de laboratorio, entrevista con el paciente o la familia), (2) realización de un examen físico dirigido, (3) la identificación de pacientes con factores de riesgo de despertar intraoperatorio (antecedentes de despertar en anestésias previas, tipo de cirugía, técnica anestésica) e (4) informar a los pacientes seleccionados de la posibilidad de despertar intraoperatorio.

Si el paciente presenta factores de riesgo, debe ser informado de la posibilidad de despertar intraoperatorio, siempre que las condiciones lo permitan. No se encontraron estudios que estudiaran el impacto clínico de informar al paciente antes de la cirugía de la posibilidad de despertar intraoperatorio^{2,3}.

Preinducción

Los aspectos relevantes previos a la fase de inducción relacionados con la prevención del despertar intraoperatorio incluyen: comprobar los sistemas de administración y el equipo de anestesia: respiradores, suministros de gases, vaporizadores, bombas de infusión, líneas intravenosas. Considerar la administración de benzodicepinas, especialmente midazolam, por sus propiedades amnésicas anterógradas, siempre que no esté contraindicado, en pacientes seleccionados (aquellos que precisan dosis menores de anestésicos, cirugía cardíaca, urgencia o trauma)^{2,3}.

Intraoperatorio

La valoración de signos clínicos: comprobar si aparece movimiento, apertura de ojos, respuesta a órdenes, reflejo corneal o pupilar, sudoración o lagrimeo. Estos parámetros clínicos presentan evidentes limitaciones a la hora de cuantificar la profundidad hipnótica, pero continúan siendo el primer escalón en la evaluación del paciente.

Dentro de la monitorización convencional se valora: frecuencia cardíaca, presión arterial no invasiva, concentración teleespiratoria de anestésicos inhalatorios, capnografía, neuroestimulador cuando se utilicen relajantes neuromusculares. Aunque se han descrito casos de DIO sin taquicardia ni hipertensión, estos datos clínicos pueden ser útiles y deberían ser utilizados para determinar el nivel de conciencia. Y los monitores de actividad eléctrica cerebral que se tratarán más adelante^{2,3}.

Despertar intraoperatorio: Consecuencias

Los pacientes que sufren de despertar intraoperatorio con recuerdo explícito, refieren el despertar intraoperatorio como el peor momento de su vida. La experiencia suele estar acompañada de un estado de ansiedad extrema, impotencia, terror y desamparo. La evidencia sugiere que el episodio es más traumático si se acompaña de sensación de parálisis y/o dolor. Pero el impacto del despertar intraoperatorio viene dado no sólo por la experiencia momentánea, sino por los trastornos a mediano y largo plazo que acarrea².

El estudio más amplio realizado para determinar la incidencia y gravedad de síntomas mentales refiere que el 78% de los pacientes que experimentan despertar intraoperatorio sufre secuelas psicológicas/psiquiátricas y el 45% (con cifras que van desde el 30 hasta el 70%) generan un trauma psíquico, lo suficientemente intenso debido a los recuerdos de percepción intraoperatoria como para el desarrollo de un síndrome de estrés postraumático. Entre los síntomas del síndrome de estrés postraumático destacan la persistencia del recuerdo, que no disminuye con el tiempo, sensación de miedo e indefensión, miedo a una nueva intervención quirúrgica, episodios de "flash-back" (reexperiencia), trastornos de ansiedad, ataques de pánico, alteración del sueño, pesadillas, inseguridad y alteración de la vida laboral y social^{2, 5}.

Ghoneim y colaboradores demostraron que 19% de los pacientes que sufrieron despertar intraoperatorio tuvieron trastornos del sueño, 21% pesadillas y un 17% ansiedad diaria²².

Existen también las secuelas psicológicas generales, estado de sufrimiento y perturbaciones emocionales subjetivas, que generalmente dificultan el funcionamiento y el desempeño social y que son distintas del cuadro de síndrome de estrés postraumático con una incidencia de 0% a 78%²³.

Un factor importante para que esto ocurra parece ser la expectativa puesta en la anestesia general. La mayoría de los adultos sabe que no deben tener recuerdos conscientes del procedimiento quirúrgico, en niños, en cambio, pese a existir despertar intraoperatorio no existen reportes de síndrome de estrés postraumático como consecuencia de esto, lo que podría ser explicado por la falta de expectativas que tiene el niño con respecto a la anestesia general⁵.

Resulta de suma importancia, tomar en cuenta las consecuencias médico legales que podrían resultar de un episodio de despertar intraoperatorio. Y aunque no existen en nuestro país datos con las estadísticas de la incidencia de estos episodios y no es posible hacer extrapolaciones con la literatura publicada, es importante tomar en cuenta los aspectos anteriormente señalados y ofrecer a los pacientes todo lo que esté al alcance para evitar esta importante consecuencia².

Principios de la monitorización electroencefalográfica en anestesia

El electroencefalograma (EEG) es el registro de la actividad eléctrica procedente de la corteza cerebral a través de electrodos colocados en el cuero cabelludo. Los potenciales post-sinápticos generados a nivel de las células piramidales corticales constituyen la base de este registro. Tras un proceso de filtrado para eliminar los artefactos y posteriormente 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)². Tradicionalmente, las ondas se clasifican atendiendo a su frecuencia, dentro de las cuales se clasifican de la siguiente forma:

- 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 en el paciente somnoliento o sedado.
- Ondas δ (delta): 0,5-4 Hz: sueño profundo (fisiológico o inducido por fármacos).

La onda normal del EEG se caracteriza por tener una pequeña amplitud (20-200 μ V) y una frecuencia variable (0-50 Hz)².

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 se profundiza aún más la anestesia, se podrá encontrar un registro isoelectrico (EEG plano), que coincide con el que aparece con la hipotermia profunda o la muerte cerebral².

Para que los datos electroencefalográficos puedan ser utilizados como herramientas en quirófano es preciso filtrarlos, computarizarlos 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 distintos algoritmos patentados por el fabricante^{2,24}.

De forma muy simplificada, se define a continuación algunos de los análisis y valores más utilizados:

a. Análisis en el dominio temporal

Valora los cambios que van sucediendo de forma cronológica en el registro electroencefalográfico. Uno de los datos más utilizados de entre los derivados de este tipo de análisis es la tasa de supresión (burst suppression ratio), que calcula la relación entre los periodos con presencia

de señal electroencefalográfica y los periodos en que aparece trazado isoelectrico debido al efecto farmacológico (complejos salva-supresión)². En casos de anestesia muy profunda se correlaciona con el BIS (BIS 0-30). El valor de la tasa de supresión es cero en individuos despiertos, sedados o con una anestesia quirúrgica adecuada. La aparición de tasa de supresión en estos casos puede constituir una señal de isquemia cortical. En los casos de muerte encefálica el BIS es de cero y la tasa de supresión es de 100^{2,25}.

b. Análisis en el dominio de la frecuencia

Descompone los trenes de ondas en sus componentes más simples. Este tipo de análisis incluye:

•**Análisis espectral:** consiste en analizar pequeños fragmentos del EEG y descomponerlos en trenes de ondas con frecuencia y amplitud determinados. Basándose en estos datos se puede determinar:

- *Potencia espectral:* una vez digitalizada la señal electroencefalográfica, se calcula el cuadrado de la amplitud de cada una de las frecuencias que componen el fragmento de EEG. Mediante la transformación rápida de Fourier se convierte el trazado de EEG en un histograma y así, se obtiene la potencia del EEG para cada frecuencia. Se ha utilizado para cuantificar el efecto cerebral de agentes anestésicos. Este tipo de análisis tiene el inconveniente de no caracterizar de forma adecuada las situaciones en que se llega a un trazado isoelectrico (patrón ráfaga-supresión)^{24, 26}.

- *Ratio beta:* es el logaritmo del ratio de los componentes del EEG de alta frecuencia (30-47 Hz) con respecto a frecuencias clásicas (11-20 Hz). El componente beta es el principal elemento del BIS en el paciente despierto (ej. BIS 96), así como en niveles superficiales de anestesia (BIS 60-100). Es esta razón la que junto con la sincronización rápida-lenta uno de los dos subcomponentes más importantes del BIS y ambos en conjunto lo que

indican es una estimación de la importancia de las ondas de alta frecuencia con respecto a la totalidad de ondas de la señal electroencefalográfica^{24, 27}.

- *Límite espectral 95% (LE95%)*: es el valor de la frecuencia por debajo de la cual está contenido el 95% del total de la potencia del espectro. Guarda una buena correlación con agentes anestésicos. Por ejemplo, una fracción espirada de Sevoflurane de 1,5 % se corresponde con un LE95 de 12,5Hz, mientras que en el paciente despierto puede situarse en torno a 26 Hz. De hecho, el LE95 se correlaciona bien con el BIS en niveles de anestesia quirúrgica y podría ser incluso un sustituto del BIS^{24, 28, 29}.

•**Análisis biespectral**: Consiste en analizar el grado de coherencia entre las fases de las ondas (bicoherencia), incrementando la información sobre los cambios que aparecen en el EEG.

De este análisis deriva la sincronización rápida-lenta. La cual es el logaritmo del ratio del espectro de alta frecuencia (40-47 Hz) con respecto al componente total de frecuencias (0,5-47 Hz), se da en planos moderados de sedación y en hipnosis quirúrgicas, siendo junto con el beta ratio, el elemento más importante en la determinación clínica del valor BIS^{24, 27}.

Monitores de profundidad anestésica

Son dispositivos que recogen la actividad eléctrica cerebral espontánea o evocada por estímulos. Tras amplificar la señal, eliminar interferencias y convertir los datos analógicos en digitales, se aplican diferentes algoritmos matemáticos a los datos obtenidos para generar un índice simple. Este índice representa la progresión de los estados clínicos de consciencia (desde el estado de alerta, que generalmente se corresponde con un valor igual a 100), pasando por la sedación y grados crecientes de profundidad anestésica. El valor cero se corresponde con un EEG isoelectrico o con ausencia de actividad evocada. Los sistemas pueden ser divididos en los que procesan la actividad electroencefalográfica

y electromiográfica espontánea y los que adquieren las respuestas evocadas a estímulos auditivos^{3, 24}.

Actualmente, se dispone de los siguientes monitores de uso clínico:

Monitores de actividad electroencefalográfica espontánea:

BIS® (monitores/módulos [Covidien])

Este dispositivo convierte un canal único del EEG frontal en un dígito (índice biespectral) con valores entre cero y cien. El algoritmo matemático para su obtención no ha sido publicado en su totalidad. Fue aprobado por la Food and Drug Administration de los Estados Unidos en 1996. Este algoritmo considera múltiples variables en el dominio temporal (periodos de supresión y casi-supresión) y en el dominio de la frecuencia (potencia espectral, análisis biespectral) en un análisis multivariante derivado de una base de datos de más de 1.500 anestésias. Los valores del índice biespectral entre 40 y 60 se consideran como un nivel de anestesia adecuado, con baja probabilidad de recuerdo.

La tecnología BIS es, ampliamente, la mejor documentada en la literatura científica, haciendo que la evaluación del BIS sea más fácil en comparación con otros dispositivos. Este dispositivo se estudiará detalladamente más adelante^{3, 30}.

Entropía (S/5 Entropy Module [GE Healthcare])

El S5/módulo Entropía (M-Entropía) fue desarrollado originalmente por Datex-Ohmeda; la tecnología es ahora propiedad de GE Healthcare. 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. Para facilitar la lectura de los valores obtenidos en las

fórmulas originales de entropía, que varían entre cero y uno, se han transformado en una escala de números enteros entre cero y 100. El módulo de entropía calcula dos valores separados: entropía de estado (SE) y entropía de respuesta (RE). La SE puede variar entre cero y 91 y corresponde a la señal con frecuencias comprendidas entre 0,8 y 32 Hz, reflejando la actividad electroencefalográfica cortical. La RE varía entre cero 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 fronto-orbitaria. Se consideran valores adecuados para anestesia general entre 40 y 60^{2, 3, 24}.

715172

Narcotrend (Narcotrend® MonitorTechnik, Bad Branstedt, Germany)

El sistema Narcotrend se desarrolló originalmente en la Escuela de Medicina de la Universidad de Hannover en Alemania, este monitor resulta de un sistema desarrollado para la clasificación visual de patrones electroencefalográficos asociados a diferentes fases del sueño. Tras la transformación de Fourier y la exclusión de artefactos, se clasifica la señal como A (despierto), B (sedado), C (anestesia ligera), D (anestesia general), E (anestesia general con hipnosis profunda) y F (mayor profundidad, con presencia de patrones de ráfaga-supresión). Se incluyen subclasificaciones con un total de 14 estados posibles. La versión más reciente desarrollado en 2004 produce un índice adimensional Narcotrend numérico (Narcotrend, versión 4.0), entre cero y 100, para proporcionar una escala cuantitativa similar al BIS, con un nivel adecuado de anestesia D0-2 que se corresponde con los valores BIS entre 40-60^{3, 31}.

Múltiples estudios clínicos y de validación están disponibles para el monitor Narcotrend, incluyendo comparaciones con el monitor BIS (Aspect Medical Systems, Natick, Estados Unidos). Incluso en un estudio de Panousis y colaboradores con 33 pacientes bajo anestesia combinada, demostraron que el monitor Narcotrend es más fiable en comparación con el BIS respecto a la susceptibilidad de la actividad EMG³².

No se encontraron ensayos clínicos u otros estudios comparativos que examine el impacto del monitoreo Narcotrend® sobre la incidencia de despertar intraoperatorio³.

PSA (Patient State Analyzer [Masimo])

La tecnología Patient State Analyzer (PSA) fue desarrollado por Physiometrix, que fue adquirida por Hospira en 2005 y posteriormente por Masimo en 2010. Inicialmente presentado como el PSA 4000 EEG Monitor, la más reciente aplicación de la tecnología de PSA es el Sistema SEDLine. El sistema de PSA utiliza un algoritmo propio para calcular un número adimensional llamado el Patient State Index (PSI) que oscila de cero a 100 (despierto) para reflejar la profundidad de la anestesia. El PSI es un índice empírico derivado del análisis de un EEG de cuatro canales. El algoritmo que calcula el PSI está basado en un análisis multivariante de variables electroencefalográficas derivadas de tres bases de datos.

El sistema SEDLine proporciona al clínico la opción de almacenar y descargar los datos del paciente para su uso futuro, así como el seguimiento de la función cerebral simétrica bilateral con una pantalla de matriz de densidad espectral (DSA)^{3,33}.

SNAP Index (SNAP® II Monitor [Stryker Instruments, Kalamazoo, MI USA])

El SNAP II, introducido en 2002 por monitores Nicolet Biomédicas, actualmente se vende por Stryker. Derivado de un canal electroencefalográfico, este monitor se basa en el análisis espectral de la actividad del EEG en los rangos de alta y baja frecuencia, frecuencia 0-18 Hz y 80-420 Hz y en la tasa de supresión. La característica más llamativa es su tamaño compacto. El algoritmo no ha sido publicado. El rango del índice SNAP varía entre cero y 100. Las publicaciones sobre este monitor son muy limitadas. Desde su primea versión en 2002 ha habido poca

experiencia reportada en la literatura y no hay evidencia que sea superior a otros dispositivos de monitorización de la profundidad anestésica^{3,34}.

Cerebral State Index (Cerebral State Monitor [Danmeter; Odense, Denmark])

El Cerebral State Monitor, lanzado en 2004, es un dispositivo portátil alimentado por batería, capaz de comunicación inalámbrica con un monitor de pacientes.

Este dispositivo analiza un canal del EEG y presenta un índice comprendido entre cero y 100. Además, indica la tasa de supresión y la actividad electromiográfica. Los valores de 40 a 60 indican un estado óptimo para la anestesia quirúrgica. Como el Snap®, este monitor es especialmente compacto^{3,35}.

Monitores de la actividad eléctrica evocada del cerebro:

Potenciales evocados auditivos (AEP Monitor/2® [Danmeter])

Representan las respuestas eléctricas cerebrales que pasa de la cóclea a la corteza inducidas por estímulos sonoros ("clicks") que se transmiten a través de auriculares. Se basa en la premisa que el oído es el último sentido retenido al profundizar la anestesia. 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^{3,36}.

La A-LINE AEP Monitor, introducido comercialmente en 2000 por Danmeter, fue el primer dispositivo disponible comercialmente para utilizar el principio de la AEP para monitorear la conciencia. Los avances más recientes, el monitor A-Line AEP Monitor/2 introducido en 2003 combina las características del análisis del EEG y potenciales evocados auditivos para producir el A-Line Autoregressive Index (AAI), con un rango de cero a 100. Aquellos acostumbrados a la escala del índice BIS, deben tener en cuenta que, mientras el AAI tiene igual rango (0-100), los valores no significan lo mismo. Un AAI mayor a 50, corresponde a un estado del paciente despierto y el rango sugerido para la anestesia quirúrgica es de 15 a 25^{3, 36}.

Monitorización de la conciencia mediante el índice biespectral (BIS) en anestesia:

Descripción del dispositivo

La tecnología BIS fue introducida en el mercado por Aspect Medical Systems, Inc. en 1994, es una interpretación estadística basada en un algoritmo matemático complejo sobre datos extraídos del EEG de individuos sanos sometidos a anestesia general, que calcula un valor que resulta de procesar una señal de electroencefalografía frontal. Dicho valor adimensional proporciona una medida del nivel de conciencia del paciente. La Food and Drug Administration (FDA) aprueba el uso de BIS para controlar la profundidad de la anestesia y reducir la incidencia del despertar intraoperatorio en 1996. En 2003 dicho organismo declara definitivamente que su utilización puede reducir el recuerdo intraoperatorio durante la anestesia general. Aspect Medical fue adquirida por Covidien en 2009^{2, 37}.

Con más de 1500 pacientes despiertos y anestesiados con diferentes protocolos, se desarrolló una base de datos que incluía cada uno de los principales parámetros obtenidos de los diferentes análisis del EEG. Para el análisis matemático del BIS se emplean dos tipos de análisis del EEG, uno basado en el tiempo y otro en la frecuencia. Los subcomponentes del BIS

se conocen, pero no la forma en que se combinan para obtener su algoritmo².

El dispositivo convierte un canal único del EEG frontal en un dígito (índice biespectral) con valores entre cero y 100, donde cero indica la ausencia de actividad eléctrica cerebral (EEG plano) y 100 indica que el paciente está despierto. Cifras entre 40 y 60 se consideran adecuadas para la anestesia quirúrgica y pueden evitar episodios de despertar y recuerdo en pacientes tratados con bloqueantes neuromusculares. Probablemente, valores inferiores a 40 no aportan ningún beneficio y puede considerarse sobredosación².

Desde su desarrollo inicial, las diferentes tecnologías y monitores BIS[®] han ido evolucionando. El monitor A-2000[®] permitió un avance en la monitorización de la sedación. Posteriormente, el Monitor XP[®] ofreció la ventaja de un análisis mejorado, librando parte de los artefactos electromiográficos y permitiendo su empleo incluso en situaciones de sedación superficial. En la actualidad, el nuevo monitor VISTA[®] dispone de una pantalla en color, táctil y una mejora del *software* para la disminución de los artefactos electromiográficos. Siendo este último el monitor que se utilizará para la ejecución del estudio, es este modelo en específico el que se describirá con más detalle a continuación³⁸.

El sistema de monitorización BIS VISTA está constituido por los siguientes componentes (Figura 1):

- Sensor del BIS
- Cable de Interfaz del Paciente (PIC)
- BISx (N/P 185-0145-AMS)
- Cable del Monitor
- Monitor BIS VISTA (N/P 185-0151)
- Cable eléctrico extraíble³⁹



Figura 1. Componentes del monitor BIS VISTA. (Fotografía cedida por Aspect Medical System™)

Una adecuada preparación y colocación del sensor es necesario para una monitorización correcta y poder interpretar de forma adecuada los datos obtenidos. Antes de colocar el sensor, debe realizarse una preparación minuciosa de la piel. Primero se limpia suavemente la zona de colocación con una gasa mojada en alcohol y se deja secar. A continuación, se coloca el sensor siguiendo las instrucciones del fabricante indicadas en el envoltorio, de la siguiente manera: en primer lugar, se sitúa el electrodo número 4 con la curvatura paralela a la ceja y, posteriormente, los electrodos 2 y 1 respectivamente, de tal forma que este último quede aproximadamente 5 cm sobre el puente de la nariz. Finalmente, se pone el electrodo número 3, a la altura de la línea imaginaria que une ambos ojos y a media distancia entre el ángulo externo del ojo y la parte anterior de la raíz del pelo. Como se observa en la figura, el sensor debe quedar oblicuo y no paralelo a las cejas. Una vez colocado el sensor, se aplica presión a la parte más externa de cada electrodo para conseguir la correcta adhesión del mismo. Tras asegurarnos de que cada electrodo se encuentra bien pegado, finalmente se aplica presión en el centro del mismo, durante 2-5 segundos, hasta hacer salir el gel conductor que contiene cada uno de ellos. Posteriormente, conectaremos el sensor al cable de la unidad de interface y ésta al monitor^{38,39}.

Cuando se ha completado satisfactoriamente la comprobación del sensor, se inicia el sistema y aparece la información correspondiente en la pantalla principal o pantalla de tendencia (figura 2). En esta pantalla se puede ver la siguiente información:

1. Valor del índice biespectral: Este índice se muestra en la parte superior izquierda de la pantalla y se actualiza siempre que la calidad de la señal sea adecuada.
2. Indicador de Calidad de Señal (ICS): La gráfica de barras que indica el ICS se muestra a la derecha de la etiqueta BIS. La calidad de la señal es óptima cuando las cinco barras se muestran en verde.
3. Indicador de la actividad electromiográfica (EMG): La actividad electromiográfica se muestra en una barra vertical, a la derecha del índice biespectral.
4. Representación de la onda electroencefalográfica (EEG): En la parte superior derecha de la pantalla puede verse el registro del EEG filtrado.
5. Espacio para mensajes: En este espacio pueden mostrarse mensajes sobre estado y error. El color en que aparece el mensaje indica su prioridad: naranja (alta prioridad), amarillo (prioridad media), azul claro (baja prioridad) o azul oscuro (mensaje informativo).
6. Gráfica de tendencias: Muestra los valores del índice biespectral durante una hora, como una línea gruesa, con las etiquetas de unidad en el eje izquierdo. Si se ha establecido un rango objetivo, los límites aparecerán en esta gráfica.
7. Variable secundaria: Puede configurarse una variable secundaria, que aparecerá también en la pantalla principal³⁹.



Figura 2. Parámetros obtenidos del monitor BIS VISTA. (Fotografía cedida por Aspect Medical System™)

El monitor BIS, además, del valor numérico y de su tendencia, aporta información sobre la calidad de detección de la señal del EEG (índice de calidad de la señal [ICS]), de la tasa de supresión (TS) (porcentaje de tiempo en el que el electroencefalograma ha estado en silencio eléctrico [EEG isoelectrico] en los últimos 63 segundos) y aporta información visual de la morfología de las ondas del EEG y de la posible interferencia del electromiograma (actividad EMG) en los valores mostrados. Para la correcta interpretación del valor numérico es necesario la valoración de todos los parámetros. El ICS confirma la adecuación de la señal del EEG (valores por encima del 80% indican una apropiada transmisión de la señal). La TS tiene un rango de cero a 100% (una supresión del 100% indica silencio eléctrico [EEG plano]). La cuantificación electromiográfica es también útil para identificar la posible necesidad de añadir sedantes o analgésicos cuando las lecturas del BIS son más altas que las esperadas en pacientes que parecen estar profundamente sedados^{2, 3, 30, 38}.

Monitorización de la conciencia mediante el índice biespectral (BIS) en anestesia:

Ventajas del uso del BIS

Reducción del riesgo de despertar intraoperatorio

La evidencia de varios grandes estudios sugiere que un protocolo basado en BIS durante la administración de anestesia total intravenosa con parálisis farmacológica disminuye la incidencia del despertar intraoperatorio con recuerdo postoperatorio^{39, 40, 41, 42}. Sin embargo, cuando la anestesia se basa en anestésicos volátiles, el protocolo basado en BIS no ha demostrado ser superior a un protocolo basado en la medida de las concentraciones de gas anestésico espirado (concentración teleespiratoria de gas anestésico) en la prevención de despertar intraoperatorio. Por lo que no se encuentra una menor incidencia de despertar intraoperatorio con la monitorización BIS cuando se utiliza esta técnica anestésica^{41, 42, 43, 44}. Cuando se administra anestesia general sin agentes bloqueadores neuromusculares, el movimiento podría ser el mejor indicador de la conciencia⁴².

Punjasawadwong y colaboradores publicaron en julio de 2014 en la base Cochrane, un metaanálisis de 36 ensayos clínicos controlados y aleatorizados donde llegaron a la conclusión que la anestesia guiada por BIS reduce significativamente el riesgo de sufrir despertar intraoperatorio en los pacientes quirúrgicos de alto riesgo de sufrirlo; sin embargo, este efecto no se ha demostrado en estudios que utilizan un protocolo basado en la medida de las concentraciones de gas anestésico espirado como práctica estándar³⁷.

Reducción de náuseas y vómitos posoperatorios (NVPO)

Lo anestésicos inhalatorios son conocidos agentes emetógenos que aumentan el riesgo de NVPO, que es el efecto secundario más común en las horas siguientes de la anestesia general. La incidencia de vómitos temprano exhibe una fuerte relación dosis dependiente con el grado de exposición a la anestesia inhalatoria^{46, 47}. El rol que juega el BIS en la disminución de NVPO, presumiblemente se debe a una reducción en la exposición a la anestesia inhalatoria que podría disminuir el riesgo de NVPO⁴⁸.

La utilización del BIS demostró en un metaanálisis de 11 ensayos clínicos en cirugía ambulatoria una discreta reducción en la incidencia de náuseas y vómitos (32% versus 38%)⁴⁹.

Reducción de los tiempos de recuperación

Independientemente de los anestésicos utilizados, el BIS tuvo una disminución global de los tiempos de recuperación precoz (abrir los ojos, respuesta a órdenes verbales, extubación y orientación), así como una disminución de los tiempos de estancia en la unidad de recuperación postanestésica por 6.75 minutos. Sin embargo, no se ha demostrado ningún efecto del BIS en la reducción del tiempo para el alta a casa³⁷.

Reducción del consumo de anestésicos

La anestesia guiada por BIS comparada con criterios de práctica estándar para la valoración de los agentes anestésicos redujo el requisito de propofol por 1,32 mg/kg/ hora y para los anestésicos volátiles (Desflurano, Sevoflurano, Isoflurano) por 0,65 equivalentes de concentración alveolar mínima (CAM) en 985 participantes³⁷.

Este descenso significativo en el consumo podría reducir los costos, aunque en este aspecto los estudios referidos son heterogéneos y contradictorios.

Klopman y colaboradores refieren que dado el costo trivial del BIS y los beneficios comprobados demostrados en estudios prospectivos aleatorizados, consideran justificado su uso en todas las anestесias generales⁵⁰.

Reducción en la mortalidad

Monk et al, en un estudio observacional prospectivo, han descrito que el tiempo en que los pacientes permanecían bajo anestesia profunda (tiempo acumulado con valor BIS < 45) era un predictor independiente de mortalidad a un año (riesgo relativo = 1,244/hora)⁵¹.

El cáncer fue la causa principal de muerte en este estudio. Lindholm y colaboradores reportaron un hallazgo similar; sin embargo, cuando se añadió la existencia de enfermedad maligna como variable, la duración total baja del BIS cayó del modelo como un predictor independiente de mortalidad⁵².

De hecho, el mantenimiento del BIS por debajo de 40 más de cinco minutos se ha relacionado con una mayor mortalidad; no obstante, esto constituye más una asociación que una relación de causalidad. Recientemente, se ha sugerido que los pacientes de alto riesgo con más morbilidad asociada pueden tener una sensibilidad incrementada a los agentes anestésicos y que un valor bajo del BIS puede ser un marcador de morbimortalidad más que un factor causal⁵³.

En un análisis secundario del estudio B-aware, Leslie y colaboradores encontraron que el riesgo de muerte no presentó una diferencia con significancia estadística entre los grupos asignados al azar del grupo guiado por BIS o el grupo con monitoreo estándar (es decir, sin BIS). Los autores de este estudio reportaron que los pacientes dentro del grupo guiado por BIS con anestesia profunda (definido como BIS <40 por > 5 min) tuvieron una tasa mayor de mortalidad a mediano plazo sobre una mediana de cuatro años, en comparación con los pacientes con un perfil de riesgo similar que no cumplían con esta definición de anestesia profunda⁵⁴.

Curiosamente, en un estudio de seguimiento de los pacientes de cirugía no cardíaca en el B-Unaware trial, Kertai y colaboradores reportaron que no existía asociación significativa entre la duración acumulada del BIS menor a 45 y la mortalidad postoperatoria⁵⁵.

En 2012 Sessler y colaboradores reportaron hallazgos de un gran estudio observacional de la posible influencia de la presión arterial baja, bajo BIS y un bajo CAM en la mortalidad posoperatoria a los 30 días. Sorprendentemente, este estudio encontró que un bajo BIS (<45) en forma aislada en realidad estaba asociado con un menor riesgo de mortalidad a los 30 días. Solamente cuando el bajo BIS estaba asociado a una baja presión arterial o a un bajo CAM o a ambos (una condición denominada "triple low" por los investigadores) hubo un aumento en el riesgo de mortalidad a los 30 días⁵⁶.

Actualmente, los grandes ensayos clínicos están en curso para determinar si el "triple low" o la anestesia profunda (por ejemplo, bajo BIS) contribuyen realmente a aumentar la mortalidad posoperatoria, de confirmarse este descubrimiento, podría ampliar la indicación del BIS a nuevos grupos de pacientes⁴⁷.

Monitorización de la conciencia mediante el índice biespectral (BIS) en anestesia:

Limitaciones del uso del BIS

Actividad electromiográfica (EMG)

El tono muscular de la frente puede aumentar el valor del BIS. Los artefactos de la actividad EMG en el EEG son el problema más habitual en la interpretación de los valores. Las frecuencias del EMG pueden simular el componente ratio beta del BIS (30-47 Hz), lo que podría indicar un valor del BIS falsamente elevado⁵⁷. La administración de bloqueantes

neuromusculares en estos casos pueden reducir la actividad del EMG y provocar un descenso del BIS, en ausencia de actividad EMG, la administración de relajantes no altera el índice⁵⁸. En situaciones en que se sospeche que la señal BIS puede estar artefactada por la actividad EMG, es importante valorar el indicador de actividad EMG, que se muestra en la pantalla del monitor BIS².

Artefactos externos

La gran variabilidad en la frecuencia y amplitud de esta señal hacen que algunos artefactos sean difíciles de reconocer, a pesar que el monitor BIS utiliza métodos para detectar y filtrar los artefactos que pueden “contaminar” la señal electroencefalográfica. Varios dispositivos médicos generan señales de alta frecuencia, que si no son reconocidos como artefactos pueden interferir con el BIS, de forma que este proporcione un valor más alto que el real².

Entre estas fuentes de artefactos destacan los marcapasos con generador externo (tales como los usados en cirugía cardíaca, no los implantados permanentemente), mantas térmicas de calentamiento, sistemas de navegación quirúrgica, dispositivos de asistencia circulatoria como circulación extracorpórea, sistemas de aspiración, respiradores de alta frecuencia y electrocauterio. La proximidad de la fuente de interferencias al sensor BIS o al BISx, que filtra y procesa la señal, incrementa la posibilidad de artefactos. En caso de sospechar sobre interferencias, puede ser necesario detener temporalmente la utilización de la fuente potencial de las mismas para confirmar su existencia².

Actividad electroencefalográfica anómala

Algunos pacientes tienen patrones electroencefalográficos atípicos de forma espontánea o en respuesta a la administración de anestésicos. En estos casos, el BIS puede no reflejar de forma adecuada el nivel de hipnosis del paciente. Entre estos patrones destacan:

- *EEG de bajo voltaje*: entre el 5 y el 10% de la población presenta un trastorno genético caracterizado por un EEG de bajo voltaje y valores disminuidos de BIS en estado de alerta sin alteración del nivel de conciencia y sin que ello se asocie a daño cerebral. Asimismo, el edema de cuero cabelludo, debido a la acumulación de agua en el tercer espacio durante procedimientos quirúrgicos prolongados, es una causa común de una señal EEG de baja amplitud adquirida. Por todo ello, se debe confirmar un valor normal de BIS en todos los pacientes antes de la inducción anestésica².

- *Fenómeno delta paradójico* (también llamado despertar paradójico): en un pequeño porcentaje de pacientes, la estimulación quirúrgica en presencia de una anestesia ligera no provoca un aumento del valor BIS como sería esperable, sino que desencadena un enlentecimiento del trazado del EEG. En respuesta a este trazado, caracterizado por ondas de gran amplitud y baja frecuencia (ondas delta), el valor BIS desciende repentinamente. Esto es seguido por un retorno gradual (5-10 minutos) a valores BIS más altos y más consistentes con las circunstancias clínicas. El enlentecimiento paradójico puede ser desconcertante en situaciones donde la isquemia cerebral es una posible causa de un patrón electroencefalográfico lento (como en cirugía cardíaca o cirugía vascular cerebral)².

- *Actividad epileptiforme*: este tipo de actividad es relativamente frecuente cuando se utilizan dosis elevadas de halogenados, como Sevoflurano. En este caso, el aumento de la concentración de anestésico no produce un enlentecimiento de las ondas cerebrales, sino un patrón de

ondas irregulares de alta frecuencia. La aparición de actividad epileptiforme provoca un incremento brusco en el valor BIS, que no se correlaciona con la profundidad anestésica y cesa al interrumpir la administración de Sevoflurano².

- *Patrón postictal*: se observan valores bajos de BIS en pacientes despiertos tras terapia electroconvulsiva, independientemente del hipnótico utilizado. Con patrones de BIS muy lentos y valores de 45 a 57, se han reportado casos de pacientes con apertura espontánea de ojos y BIS de 7².

Patología neurológica

El algoritmo BIS se desarrolló en voluntarios sanos. Su extrapolación a pacientes con enfermedad neurológica focal o difusa o afectación neurológica por trastornos metabólicos, debe realizarse con cautela. Se recomienda obtener un valor BIS basal antes de la inducción anestésica para determinar si el estado anormal del sistema nervioso puede afectar a la fiabilidad del BIS. Se han descrito valores anormalmente bajos de BIS en pacientes con demencia, retraso mental o encefalopatía secundaria a hipoglucemia o anoxia. En caso de paro cardíaco, la ausencia de perfusión cerebral provoca la caída del BIS a cero. La disminución en el metabolismo cerebral inducido por la hipotermia moderada también disminuye el valor del BIS, lo que debe tenerse en cuenta durante la cirugía cardíaca. En pacientes con un proceso neurológico focal (traumatismo, hemorragia, ictus) los valores del BIS pueden variar dependiendo del lado donde estén colocadas las derivaciones del EEG (ipsilateralmente o contralateralmente a la lesión)^{2,59}.

Agentes farmacológicos con capacidad de modificar el BIS:

Óxido Nitroso (N₂O)

El N₂O tiene una acción cortical débil, ya que su efecto lo ejerce principalmente, activando la vía inhibitoria descendente noradrenérgica en el tronco cerebral y la médula espinal. Este efecto, no detectable por el BIS, explica como utilizado tanto como único agente o en combinación con otro agente anestésico, puede producir pérdida de la consciencia sin cambio significativo en el BIS. Así mismo, han sido descritos disminuciones paradójicas en el BIS varios minutos tras la retirada. Sin embargo, sí parece reducir la respuesta a la estimulación quirúrgica (de forma similar a los opioides), por lo que algunos sugieren que su contribución al estado anestésico podría tener que ver con su poder analgésico^{2, 60}.

Ketamina

La utilización de ketamina durante la anestesia con propofol o sevoflurano produce un aumento de la profundidad anestésica que, paradójicamente, se acompaña de un aumento significativo del BIS, el valor del BIS puede permanecer elevado, a pesar de un grado de sedación importante. Este efecto no puede ser ignorado, puesto que puede conducir a una sobredosificación de anestésicos generales. Sin embargo, la adición de bajas dosis de ketamina a un régimen de anestesia intravenosa con propofol se comporta de forma similar a los opioides, es decir, no modifica el valor de BIS pero disminuye la respuesta a la estimulación quirúrgica^{3, 61}.

Halotano

El algoritmo del BIS no está validado originalmente para el halotano y puede no relacionarse con el efecto hipnótico de la anestesia. Se relaciona con valores BIS más altos que con dosis equipotentes de isoflurano o sevoflurano. Así, dosis equipotentes de halotano, isoflurano y sevoflurano, se caracterizan por un valor del BIS significativamente mayor para el primero. Esto debe tomarse en cuenta para evitar una posible sobredosificación por halotano^{62, 63}.

Adrenalina

Pueden incrementar los valores del BIS. Esto podría ser debido a cambios en los niveles de neurotransmisores en el cerebro o debido a los efectos consiguientes en aumento del gasto cardíaco⁶⁴.

Opioide

La dosis requerida de opiáceos para la analgesia perioperatoria no produce alteraciones del BIS, puesto que no actúan a nivel cortical. Sin embargo, potencian el efecto de pérdida de consciencia del propofol en régimen TIVA sin que este efecto potenciador se refleje en el BIS, lo que podría llevar a sobredosificación de propofol⁶⁰.

Monitorización de la consciencia mediante el índice biespectral (BIS) en anestesia:

Colocaciones alternativa del BIS

En ocasiones, el abordaje quirúrgico frontal en neurocirugía impide usar el monitor de profundidad anestésica BIS en su posición estándar frontal lo que vuelve todo un reto la neuromonitorización. Hasta la fecha, no hay otras colocaciones alternativas que hayan sido validadas. Se han realizado varios estudios con el propósito de valorar el comportamiento de dicho monitor con el sensor en colocaciones alternativas del BIS para permitir una monitorización continua; sin embargo, existe hasta la fecha muy poca información disponible.

El primer estudio registrado colocando el BIS en una posición alternativa fue realizado por Shiraishi y colaboradores, donde colocaron al mismo tiempo el sensor BIS en la región occipital y frontal de 25 pacientes sometidos a clipajes de aneurismas y compararon los valores obtenidos para cada monitor BIS. Los resultados mostraron una fuerte correlación

entre los valores dados para ambas colocaciones y los autores concluyeron que resulta válido medir los valores de BIS con el sensor colocado en la zona occipital en los casos en los que no es posible colocarlo en el área frontal⁶⁵.

Posteriormente Dahaba y colaboradores realizaron un estudio prospectivo y controlado en 20 pacientes, colocando dos sensores al mismo tiempo, el sensor frontal se situó según la guía del producto y el otro ipsilateralmente en la región occipital conforme a lo publicado por Shiraishi y colaboradores. Se encontraron diferencias significativas antes de la inducción y en el mantenimiento de la anestesia entre los valores obtenidos con el sensor occipital y frontal. Durante la recuperación de la anestesia, no hubo diferencia en los datos del BIS-Vista entre el sensor occipital y frontal⁶⁶.

Posteriormente, Nelson y colaboradores compararon en 28 pacientes el montaje estándar BIS con un montaje alternativo BIS a través del puente nasal y bajo el ojo para la monitorización neurológica. Se determinó que el montaje nasal produce valores que tienen un poco más de variabilidad en comparación con los que idealmente se quisiera, pero la variabilidad no es clínicamente significativa⁶⁷.

Recientemente, Lee y colaboradores realizaron un estudio prospectivo y controlado en 58 pacientes donde compararon la colocación frontal estándar del BIS con una colocación alternativa alrededor de la mandíbula. En general, los valores de BIS tuvieron diferencias significativas entre la posición frontal estándar y una posición mandibular alternativa. Sin embargo, durante el período de mantenimiento de la anestesia, la posición de la mandíbula puede ser válido, utilizándolo como una posición alternativa si el campo operatorio hace que la posición frontal estándar no esté disponible⁶⁸.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de la población del estudio

Los criterios de inclusión y exclusión de la población que forma parte del estudio son los siguientes:

Criterios de inclusión:

1. Pacientes de los 18 a los 70 años
2. Ambos sexos
3. Cualquier etnia
4. Paciente clasificación de estado físico ASA I-II
5. Sin déficit cognitivo o alteración del sensorio
6. Programado para cirugía que amerite craneotomía bajo anestesia general.

Criterios de exclusión

1. Paciente menor de 18 años o mayor de 70 años
2. Paciente con clasificación ASA III, IV o V
3. Cirugía de emergencia
4. No uso de relajantes neuromusculares durante la cirugía
5. Abordaje quirúrgico que incluya sitios de colocación del BIS

Metodología

Se sometió el trabajo a la Comisión de Trabajos Finales de Graduación del posgrado de Anestesiología de la Universidad de Costa Rica. Una vez que se obtuvo la aprobación por parte del comité, se somete el protocolo de investigación al Comité Local de Bioética del Hospital México.

Obtenida la aprobación por el Comité Local de Bioética, se procede con la recolección de datos. A cada paciente se le suministra, lee y explica detenidamente el procedimiento a realizar y la forma de recolección de datos, según se documenta en el consentimiento informado (Anexo 2).

Se incluyó un total de 28 pacientes en el estudio, de los cuales posteriormente se excluyeron tres pacientes debido a que durante el transoperatorio ocurrieron problemas con el sensor del BIS, ya que este se despegó de la piel del paciente por algún motivo propio de la cirugía y no fue posible completar la información.

Al final, se logró recolectar los datos de 25 pacientes que fueron sometidos a craneotomías, ya fuera para clipaje de aneurisma o para resección tumoral y que no tuvieran ninguno de los criterios de exclusión que determinó el estudio.

Se utilizaron dos sensores BIS Quatro™ (Aspect Medical Systems, Newton, MA, EE.UU.), colocados durante la estancia del paciente en pre anestesia antes de entrar a sala de operaciones, con el consentimiento informado (Anexo 2) previamente firmado y explicado al paciente, uno de los sensores se colocó en la región frontal de acuerdo con las instrucciones del fabricante y el otro occipital ipsilateralmente al frontal conforme a lo publicado por Dahaba et al⁶⁶, estos dos sensores estaban conectados cada uno a monitores BISVista™ durante toda la cirugía de donde se extraían los datos.

Se indujo la anestesia con Propofol a una dosis de 2mg/kg, Fentanyl 1mcg/kg y Atracurio 0.5mg/kg, se ventiló con bolsa mascarilla durante tres minutos con una fracción de oxígeno inspirado (FiO₂) al 100%, mientras se completaba el efecto del relajante neuromuscular, una vez cumplidos los tres minutos de la colocación del relajante neuromuscular se realizó la intubación. El mantenimiento de la anestesia varió entre los diferentes anesthesiólogos, predominando la anestesia general balanceada con sevoflurano y propofol más opiode, también varió la fracción de oxígeno inspirado (FiO₂) utilizada y el CO₂ espirado de la capnografía, según el criterio del anesthesiólogo.

Los datos de cada valor del BIS se recogieron en diferentes momentos durante la cirugía: antes de la inducción cuando el paciente todavía estaba despierto en sala de operaciones, al momento de la inducción (un minuto después de la pérdida de la conciencia), posterior a la intubación (un minuto después), durante la incisión quirúrgica en piel, durante la craneotomía, durante el mantenimiento de la anestesia (en el transcurso de la resección del tumor o clipaje de aneurisma) y posterior a la extubación (un minuto después). Si los valores del BIS mostraban artefactos por el uso del electrocauterio o por alta electromiografía, se identificaban y no se tomaban en cuenta.

No se utilizaron pruebas de laboratorio y gabinete para este estudio.

Análisis estadístico

Luego de la recolección de datos, se corroboró la información en el instrumento de recolección de datos, para que esta cumpliera con los criterios de inclusión y exclusión específicos para el estudio.

Una vez recolectada la información, se digitó en una base de datos elaborada para este estudio, la cual una vez llenada se le realizaron pruebas de inconsistencia y errores. Los datos se procesaron en el paquete estadístico SPSS versión 20 y Excel para la elaboración de los gráficos.

Se realizó una descripción de todas las variables, para lo cual se obtuvieron las frecuencias absolutas y relativas de todas las variables. Para las variables cuantitativas, además se calcularon las medidas de tendencia central y dispersión.

Para estimar la correlación entre la colocación alternativa del índice biespectral (BIS) en la región occipital y la región frontal se hizo un gráfico de dispersión de puntos para cada uno de los momentos evaluados, los gráficos fueron analizados visualmente. Luego se calculó el coeficiente de correlación de Pearson el cual varía de -1 a 1. Cuando el coeficiente de correlación es cercano a cero significa ausencia de correlación, entre más cercano a -1 o 1 se encuentre el valor del coeficiente, muestra cuán fuerte es la correlación. El valor positivo o negativo muestra si la correlación es directa o indirecta.

La información se resumió en cuadros y gráficos.

En ambos análisis se consideró significativo a un nivel de confianza $< 0,05$

Tamaño de la muestra

Evaluación a *posteri* de un tamaño de muestra de 25 sujetos.

Dado que el objetivo fue estimar la correlación entre la medición frontal y occipital en distintos momentos del proceso operatorio, las cuales

en términos estadísticos es una correlación de dos variables cuantitativas, se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \left(\frac{z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta}}{\frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right)} \right)^2 + 3$$

Donde:

Z α : nivel de confianza elegido.

Z β : nivel de potencia elegido.

Ln: logaritmo neperiano

R: valor del coeficiente de correlación que se supone que existe en la población.

n: tamaño de la muestra.

Se estima que para un tamaño de muestra de 25 sujetos a un nivel de confianza del 95% y una potencia del 80%, el tamaño estudiado puede detectar correlaciones de 0,55 y mayores, esto significa que las correlaciones menores no se pueden detectar con esta muestra.

RESULTADOS

Las características demográficas de los pacientes incluidos en el estudio se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características demográficas de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

Variable	Dato
Edad (años)	52,08 / 17 *
Género (femenino/masculino)	9 / 16
ASA (I/II) †	9 / 16
Cirugía realizada (Clipaje de aneurisma/resección de tumor)	3 / 22

* Promedio y desviación estándar

† Clasificación del estado físico de la Sociedad Americana de Anestesiología

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Se incluyó un total de 28 pacientes en el estudio, de los cuales posteriormente se excluyeron tres, para una muestra de 25 sujetos. De la muestra final de 25 pacientes, las edades oscilaron entre 18 y 78 años, el promedio de edad general fue de 52,08 (DE =17), el rango de edad más frecuente que se presentó, fue de 60 a 69 años con un 48% (n=12), en la Tabla 2 se desglosan las edades de los pacientes agrupadas en décadas. El 36% (n=9) de la población de estudio pertenecía al género femenino y el 64% (n=16) al masculino. El 36% (n=9) cumplía criterios de la ASA para clasificarse en la categoría ASA 1 y el 64% (n=16) restante clasificados como ASA 2. De las 25 cirugías a las que se sometieron los pacientes un 12% (n=3) fueron craneotomías para clipaje de aneurisma y un 88% (n=22) fueron craneotomías para resección de tumores intracerebrales.

Tabla 2. Distribución de los pacientes según edad, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

Edad	Frecuencia	Porcentaje
18 a 20	2	8,0
20 a 29	2	8,0
30 a 39	2	8,0
40 a 49	3	12,0
50 a 59	3	12,0
60 a 69	12	48,0
70 y mas	1	4,0
Total	25	100,0

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

A continuación, en la Tabla 3 se muestran las variables frontal y occipital antes de la inducción de la anestesia, con sus respectivos valores de media, desviación estándar y valor de p. Se aprecia que en relación con la media, estas tuvieron una diferencia entre ellas de 7,8 puntos por encima el frontal con respecto al occipital y esta diferencia fue estadísticamente significativa. El Gráfico 1 de dispersión ejemplifica de manera visual el comportamiento general que tuvieron los dos grupos, mostrando a los puntos, alejándose de la diagonal sin una tendencia clara del conjunto, descubriendo que no hay correlación entre ellos. Posteriormente en la Tabla 4 se confirma esta apreciación al mostrar que no hay correlación, exponiendo un índice de correlación de Pearson cercano a cero y sin significancia estadística.

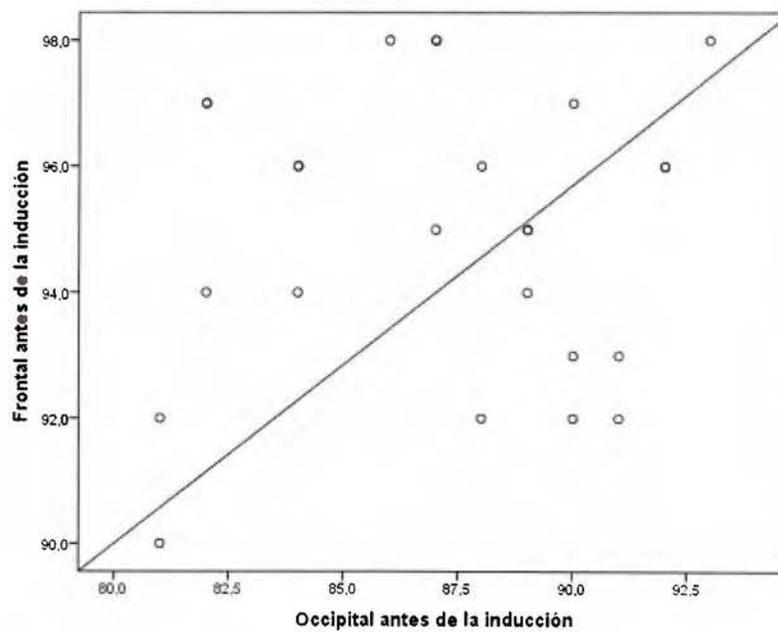
Tabla 3. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS antes de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

Variable	Media	Desviación estándar	Valor de p
Frontal antes de inducción	95,0	2,3	< 0,01*
Occipital antes de inducción	87,2	3,7	

* Diferencias estadísticamente significativas

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Gráfica 1. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS antes de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.



Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Tabla 4. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital antes de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

	Correlación	Valor de p
Antes de la inducción (Pérdida de conciencia)	0,109	0,605

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

En la Tabla 5 se observan los valores de la media y desviación estándar de las variables frontal y occipital al momento de la inducción (un minuto después de la pérdida de conciencia). Se observa una diferencia amplia de 17,2 puntos de la media occipital sobre la frontal, la cual es estadísticamente significativa. En el Gráfico 2 de dispersión, se observan los puntos muy dispersos en relación con la diagonal, con una tendencia general a que los puntos suban a la derecha de la gráfica pero con una correlación muy baja. Esto queda demostrado en la Tabla 6, donde se demuestra que no hay una correlación significativa según el índice de correlación de Pearson si el valor de p es mayor a 0,05.

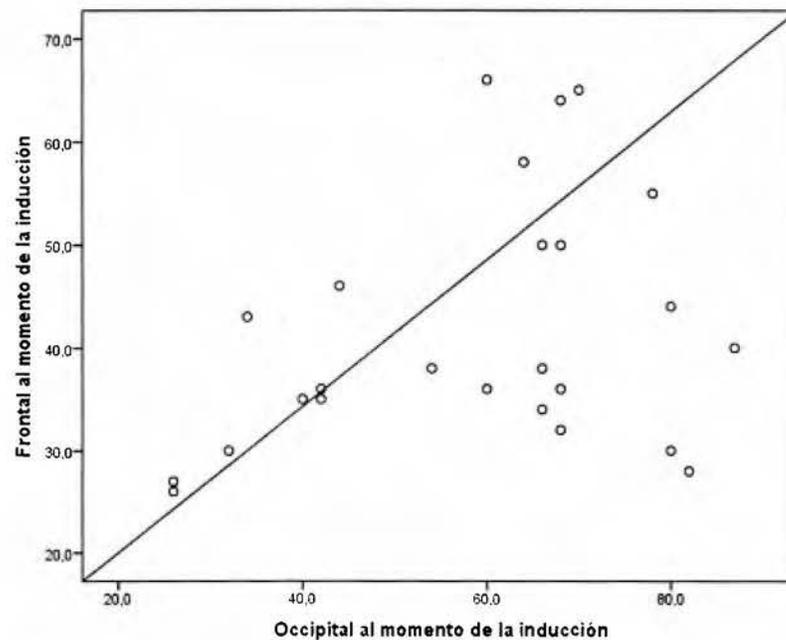
Tabla 5. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS al momento de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

Variable	Media	Desviación estándar	Valor de p
Frontal al momento de inducción	41,6	12,1	< 0,01*
Occipital al momento de inducción	58,8	18,1	

* Diferencias estadísticamente significativas

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Gráfica 2. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS al momento de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.



Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Tabla 6. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital al momento de la inducción, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

	Correlación	Valor de p
Al momento de la inducción (1 min después)	0,330	0,107

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Por su parte, al observar en la Tabla 7, los valores de la media y desviación estándar de las variables frontal y occipital después de la intubación endotraqueal, precisamente un minuto después de esta y comparar las medias de ambos, se aprecia una leve diferencia de 2,2 puntos arriba el occipital sobre el frontal, además, esta no fue

estadísticamente significativa. Así mismo, al analizar el Gráfico 3, se puede apreciar que ambas variables presentan una relación lineal positiva; es decir, a medida que aumenta el valor de la variable frontal aumenta también el valor de la variable occipital. En la Tabla 8 por su parte, el valor de $r=0,696$ es positivo y elevado, así como significativo con un valor de $p < 0,01$, con lo cual se confirma la impresión proporcionada por el gráfico acerca de la existencia de asociación lineal entre las variables.

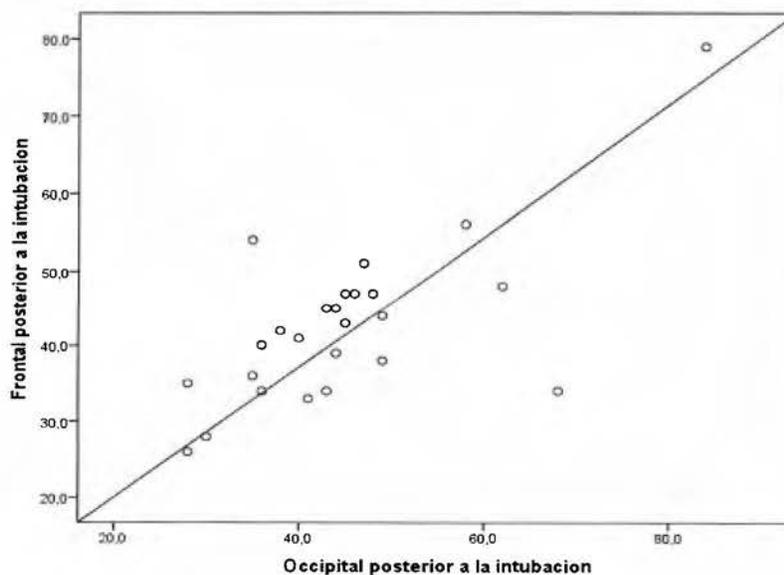
Tabla 7. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS posterior a la intubación endotraqueal (1 min después), de un grupo de 25 incluidos en el presente estudio.

Variable	Media	Desviación estándar	Valor de p
Frontal después de la intubación	42,6	10,7	>0,05*
Occipital después de la intubación	44,8	12,6	

* Diferencias no fueron estadísticamente significativas

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Gráfica 3. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS posterior a la intubación endotraqueal (1 min después), de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.



Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Tabla 8. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital posterior a la intubación endotraqueal (1 min después), de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

	Correlación	Valor de p
Posterior a intubación endotraqueal (1 min después)	0,696	< 0,01

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Al realizar el mismo análisis donde se midieron las variables frontal y occipital, pero ahora durante la incisión quirúrgica en la piel y confrontar los valores de las medias, se observa una pobre diferencia de escasos 0,6 puntos superior el valor del occipital sobre el frontal, careciendo esta diferencia de valor estadísticamente significativo con una $p > 0,05$, como se puede apreciar en la Tabla 9. De igual manera, al explorar el Gráfico 4 donde se comparan ambas variables, se observa como los puntos se agrupan claramente alrededor de una línea que pasa por el centro de la masa de los mismos. Lo que sugiere que el aumento de una de las variables lleva al aumento de la otra. Estos datos se confirman con la Tabla 10, con un valor de $r=0,632$ que indica la fuerte correlación que existe, el cual es significativo, con un valor de $p < 0,01$.

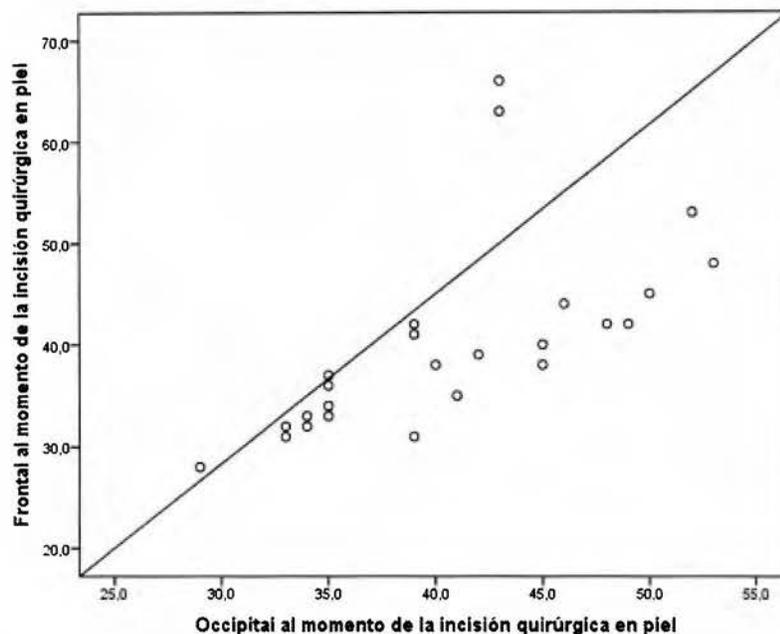
Tabla 9. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS, durante la incisión quirúrgica en piel, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

Variable	Media	Desviación estándar	Valor de p
Frontal durante incisión en piel	40,1	9,4	> 0,05*
Occipital durante incisión en piel	40,7	6,6	

* Diferencias no fueron estadísticamente significativas

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Gráfica 4. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS durante la incisión quirúrgica en piel, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.



Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Tabla 10. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital durante la incisión quirúrgica en piel, de un grupo de 25 incluidos en el presente estudio.

Durante la incisión en piel	Correlación	Valor de p
	0,632	< 0,01

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Al valorar los resultados de las variables durante la realización de la craneotomía, se encuentra una muy leve diferencia entre la media de la frontal con respecto a la occipital, con apenas 0,2 puntos más alto el valor de la frontal, la más pequeña encontrada en el estudio; igualmente, esta pequeña diferencia no fue estadísticamente significativa, ver Tabla 11. Con respecto al Gráfico 5 de dispersión de las variables, se puede observar una

muy fuerte correlación positiva de los puntos, se observa una tendencia general de estos a formar una recta creciente, lo que significa que las variables tienen una relación directa. Estos hallazgos quedan confirmados en la Tabla 12 con el valor absoluto de la correlación, el cual da un $r=0,873$ muy cercano a uno, así como significativo con un valor de $p < 0,01$.

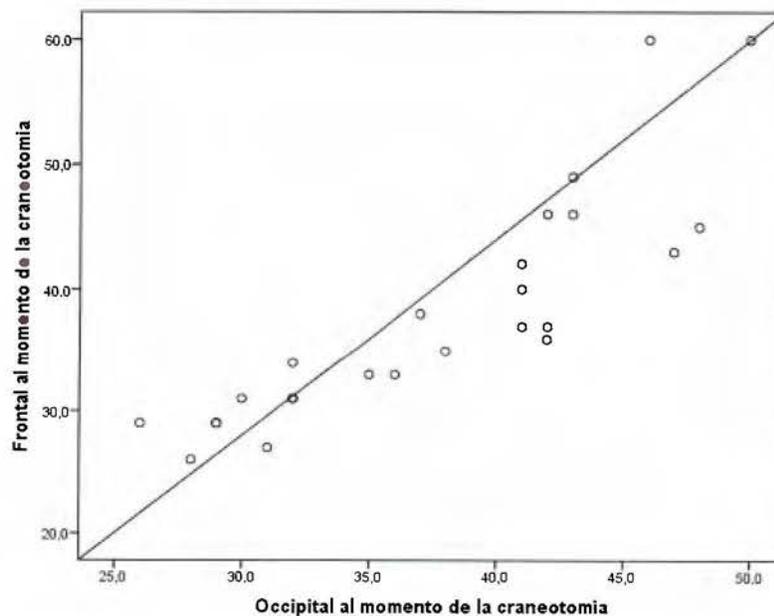
Tabla 11. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS, durante la craneotomía, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

Variable	Media	Desviación estándar	Valor de p
Frontal durante la craneotomía	37,9	9,2	>0,05*
Occipital durante la craneotomía	37,6	6,9	

* Diferencias no fueron estadísticamente significativas

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Gráfica 5. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS durante la craneotomía, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.



Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Tabla 12. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital, durante la craneotomía, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente

	Correlación	Valor de p
Durante la craneotomía	0,873	< 0,01
	estudio.	

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

A continuación, se presenta en la Tabla 13 una comparación de las variables estudiadas durante el mantenimiento de la anestesia, estas variables se recogieron, según el tipo de cirugía, en el periodo donde se estuviera *clipando* el aneurisma o resecando el tumor según fuera el caso. Se obtuvieron valores de media para cada una de las variables muy similares, con una diferencia entre ellas de 2,6, superior para la variable occipital sobre la frontal, esta diferencia entre las variables fue estadísticamente significativa. En el Gráfico 6 y la Tabla 14 se puede determinar una correlación muy fuerte de las variables durante el mantenimiento de la anestesia, se puede apreciar como los puntos de la gráfica de dispersión muestran una tendencia clara de agruparse positivamente, con una correlación positiva de Pearson de $r=0,764$, lo que sugiere que al aumentar un valor aumentará el otro positivamente, el cual es significativo con un valor de $p < 0,01$, esto comprueba la impresión suministrada por el gráfico acerca de la existencia de asociación lineal entre las variables.

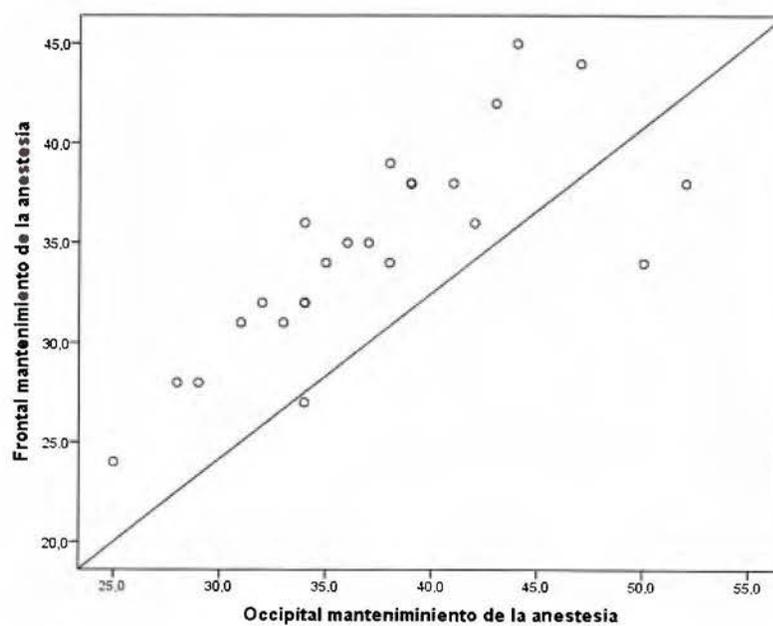
Tabla 13. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS, durante el mantenimiento de la anestesia, de un grupo de 25 incluidos en el presente estudio.

Variable	Media	Desviación estándar	Valor de p
Frontal durante mantenimiento de la anestesia	34,8	5,2	< 0,01*
Occipital durante mantenimiento de la anestesia	37,4	6,6	

* Diferencias estadísticamente significativas

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Gráfica 6. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS durante el mantenimiento de la anestesia, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.



Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Tabla 14. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital, durante el mantenimiento de la anestesia, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

Durante el mantenimiento de la anestesia	Correlación	Valor de p
	0,764	< 0,01

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Con respecto a los valores encontrados en las variables frontal y occipital al momento de extubar a los pacientes, exactamente un minuto después, los resultados encontrados muestran unas medias muy similares, con una media occipital 3,5 puntos BIS mayor que la frontal al minuto de haber extubado a los pacientes, esta diferencia en los valores fue estadísticamente significativa, ver Tabla 15. En la Tabla 16 y el Gráfico 7 se denota un comportamiento de las variables a correlacionarse, pero de una manera positiva débil, donde los puntos se mantienen agrupados con una tendencia positiva, pero no muy unidos a la línea de mejor ajuste. Esto se confirma con un valor absoluto de $r=0,414$, lo que se traduce en una correlación moderada de las variables, siempre con significancia estadística con una $p<0,05$.

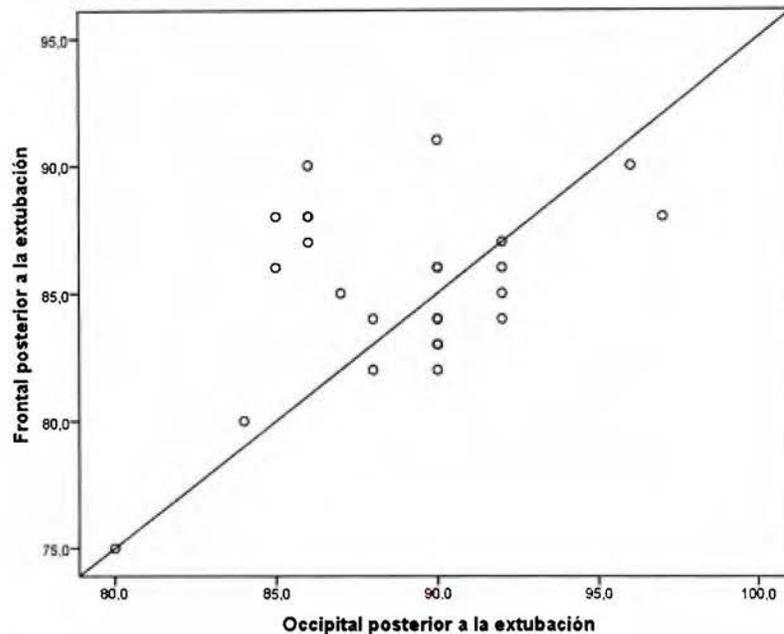
Tabla 15. Comparación de la media y desviación estándar de los valores frontal y occipital del BIS posterior a la extubación, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

Variable	Media	Desviación estándar	Valor de p
Frontal posterior a la extubación	85,3	3,5	< 0,01*
Occipital posterior a la extubación	88,8	3,7	

* Diferencias estadísticamente significativas

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Gráfica 7. Gráfica de dispersión de los valores frontal y occipital del BIS posterior a la extubación, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.



Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Tabla 16. Correlación de Pearson y su significancia (valor de p) en las variables frontal y occipital posterior a la extubación, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

	Correlación	Valor de p
Posterior a la extubación (1' después)	0,414	< 0,05

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Se analizó el grado de correlación de las variables frontal y occipital según el grupo etario y se dividió en mayores y menores de 50 años, ver Tabla 17. Se observó que el grupo de menores de 50 años (n=9), solamente en tres de los tiempos investigados existió significancia estadística para poder validar el índice de correlación de Pearson, estos

fueron posterior a la intubación donde hubo una correlación positiva muy alta, con un $r=0,95$, el otro momento fue durante la craneotomía, que se observó una correlación positiva alta con un $r=0,82$ y finalmente posterior a la extubación, donde hubo una correlación alta, pero negativa con un $r=-0,82$. Así mismo, en el grupo de mayores de 50 años ($n=16$), solo en algunos de los momentos investigados, la correlación fue significativa debido al valor de p , las cuales fueron todas positivas, estas fueron durante la incisión en piel con un $r=0,75$, durante la craneotomía con un $r=0,91$, durante el mantenimiento de la anestesia con un $r=0,83$ y posterior a la extubación con un $r=0,64$.

Tabla 17. Niveles de correlación de Pearson y valores de significancia (valor de p) según su edad, de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

	Menor de 50 años		Mayor de 50 años	
	Correlación	Valor p	Correlación	Valor p
Antes de la inducción (Pérdida de conciencia)	-0,38	0,31	0,37	0,16
Al momento de la inducción (1' después de la pérdida de la conciencia)	0,34	0,36	0,32	0,22
Posterior a la intubación (1' después)	0,95	< 0,01*	0,28	0,29
Durante la incisión quirúrgica en piel	0,42	0,26	0,75	< 0,01*
Durante la craneotomía	0,82	< 0,01*	0,91	< 0,01*
Durante mantenimiento de la anestesia	0,44	0,23	0,83	< 0,01*
Posterior a la extubación (1' después)	-0,82	< 0,01*	0,64	< 0,01*

* Correlación estadísticamente significativa

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

Así mismo, se comparó el grado o nivel de correlación de las variables según fueran los pacientes ASA I (n=9) o ASA II (n=16), para cada momento estudiado, ver Tabla 18. El principal objetivo de esta comparación fue mostrar en cuáles momentos hubo una correlación estadísticamente significativa según el estado ASA del paciente. De esta forma, se observa que solo son significativas las correlaciones en los pacientes ASA I al momento posterior a la intubación y durante la craneotomía, con una alta correlación y un valor de $r=0,7$ y $r=0,79$, respectivamente. En lo que concierne a los pacientes ASA II, fueron estadísticamente significativas las correlaciones posterior a la intubación con $r=0,74$, durante la incisión en piel con un $r=0,69$, durante la craneotomía con un $r=0,9$, durante el mantenimiento de la anestesia con un $r=0,87$ y posterior a la extubación con un $r=0,68$.

Tabla 18. Niveles de correlación de Pearson y valores de significancia (valor de p) según la clasificación del estado físico de la Sociedad Americana de Anestesiología (ASA), de un grupo de 25 pacientes incluidos en el presente estudio.

	ASA I		ASA II	
	Correlación	Valor p	Correlación	Valor p
Antes de la inducción (Pérdida de conciencia)	0,55	0,13	0,23	0,4
Al momento de la inducción (1' después de la pérdida de la conciencia)	0,32	0,4	0,13	0,64
Posterior a la intubación (1' después)	0,7	< 0,05*	0,74	< 0,01*
Durante la incisión quirúrgica en piel	0,58	0,1	0,69	< 0,01*
Durante la craneotomía	0,79	< 0,01*	0,9	< 0,01*
Durante mantenimiento de la anestesia	0,4	0,29	0,87	< 0,01*
Posterior a la extubación (1' después)	-0,24	0,53	0,68	< 0,01*

† Clasificación del estado físico de la Sociedad Americana de Anestesiología

* Correlación estadísticamente significativa

Fuente: Hoja de recolección de datos (Anexo 1)

DISCUSIÓN

El presente estudio pretendía comprobar que la colocación del sensor BIS en la región posterior de la cabeza, arroja valores concordantes con su colocación habitual frontal aprobada por el fabricante, los cuales serían de utilidad en las situaciones clínicas donde un montaje frontal es inaccesible. Para lo cual se llevó a cabo el estudio, logrando recolectar datos de 25 pacientes, los cuales fueron agrupados en siete diferentes momentos según el tiempo de la cirugía en el que se tomaron los valores (antes de la inducción, al momento de la inducción, posterior a la intubación, durante la incisión quirúrgica en piel, durante la craneotomía, durante el mantenimiento de la anestesia y posterior a la extubación), comparando los valores frontal y occipital al mismo tiempo.

Los resultados demuestran que para las variables género, edad y clasificación ASA, predominaron los del género masculino, mayores de 50 años y con ASA II, con un 64% del total de la muestra para todas las variables respectivamente. Como se muestra en la Tabla 2, la totalidad de los pacientes fueron mayores de 18 años y el rango de edad más frecuente que se presentó, fue de 60 a 69 años con un 48%. Un 88% del total de las craneotomías fueron para resección de tumores y un 12% para *clipaje* de aneurisma.

Al analizar las diferencias entre la media y la desviación estándar de las dos localizaciones de colocación del sensor del BIS, se puede observar que la diferencia más grande entre las medias para los valores frontal y occipital fue de +17,2 puntos BIS para el sensor occipital en el momento de la inducción, un minuto después de la pérdida de conciencia, aproximadamente minuto y medio después de la aplicación del propofol, esta diferencia tuvo significancia estadística ($p < 0,01$). En el resto de los momentos medidos, la diferencia fue menor de ± 10 puntos BIS, que si bien

no hay un valor definido aceptado, este es el límite usado por los autores de estudios anteriores para considerar esta diferencia como aceptable.^{65, 66}

Se encontraron también diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$) antes de la inducción, en el mantenimiento de la anestesia y posterior a la extubación entre las comparaciones de las medias de los valores obtenidos, con una diferencia para el sensor occipital de -7,8, +2,6 y +3,5 puntos BIS, respectivamente. Lo que demuestra que solamente antes de la inducción (paciente despierto), la diferencia en la puntuación media del sensor occipital marcó puntajes más bajos que el frontal con -7,8 puntos BIS, en el resto de los resultados los valores occipitales fueron mayores. No hubo diferencia significativa en la comparación de los valores obtenidos de media para las variables frontal y occipital ($p > 0,05$) durante el periodo posterior a la intubación (+2,2), durante la incisión en piel (+0,6) y durante la craneotomía (+0,2).

Estos datos son coincidentes con un estudio de Dahaba y colaboradores sobre la colocación occipital del BIS, este estudio mostró un sesgo de -10 puntos BIS antes de la inducción y un sesgo +10 puntos BIS bajo anestesia profunda. Esto puede deberse a que a pesar de que la naturaleza del algoritmo del BIS no se ha dado a conocer por los creadores de esta tecnología, este resultado puede ser debido a la predominancia de las ondas alfa (α) posteriores en el cerebro despierto y a la generación de actividad delta (δ) y theta (θ) bajo anestesia profunda con propofol, lo que explicaría ese comportamiento particular⁶⁶.

El coeficiente de correlación así como los gráficos de dispersión entre las dos posiciones, indicó una fuerte correlación en los momentos posteriores a la intubación ($r=0,696$), durante la incisión en piel ($r=0,632$), durante la craneotomía que fue el más alto del estudio ($r=0,873$) y durante el mantenimiento de la anestesia, precisamente durante la resección del tumor o clipaje de aneurisma ($r=0,764$); así mismo, mostró una correlación intermedia en el periodo posterior a la extubación ($r=0,414$), todos estos con

significancia estadística ($p < 0,05$). Durante el periodo antes de la inducción y un minuto después de la misma, no hubo correlación entre los valores de BIS de las posiciones frontal y occipital, ya que careció de significancia estadística ($p > 0,05$), por lo que no se tienen pruebas que permitan afirmar, de forma fiable, que hay correlación entre estas variables.

Este patrón de correlación coincide también con lo que han propuesto otros autores con respecto a la puntuación del BIS, indicando que es una variable topográficamente dependiente, esto a la luz de los resultados electroencefalográficos (EEG) heterogéneos en sensores BIS colocados en áreas no-frontales. Debido a que el montaje frontal estándar del BIS no cubre todos los territorios cerebrales que cambian con la anestesia, sino más bien, una zona restringida del lóbulo frontal, mientras que la colocación occipital reflejaría, principalmente, los cambios particulares de los territorios occipitales.

En pacientes despiertos o anestesiados normales, la actividad electroencefalográfica no es estrictamente homogénea en todo el cuero cabelludo, por lo que las diferencias encontradas son esperables.^{64,65} Hay que recordar que la tecnología BIS fue diseñada para detectar alteraciones electroencefalográficas frontales inducidas por anestésicos y no fue diseñado ni validado para detectar los cambios de este tipo que se producen en la región occipital. Por lo que a pesar que existe conocimiento de estos cambios, solo se puede especular sobre los cambios electroencefalográficos regionales que dan lugar a las diferentes puntuaciones del BIS en las diferentes etapas de la anestesia, debido especialmente a la naturaleza desconocida del algoritmo que hace que sea difícil evaluar científicamente la idoneidad de su aplicación.⁶⁵

Realizando otro análisis de los coeficientes de correlación, se denota que los dos momentos del estudio que tuvieron los coeficientes más altos, como lo fue durante la craneotomía con un $r=0,873$ y durante el mantenimiento de la anestesia con un $r=0,764$, fueron de igual manera los

que presentaron la media de los valores de BIS más bajos del estudio, tanto para el sensor frontal como para el occipital, durante la craneotomía la media fue de 37,9 para el frontal y 37,6 para el occipital, mientras que para el mantenimiento de la anestesia el frontal fue de 34,8 y el occipital de 37,4. Estos resultados indican que en planos anestésicos más profundos con valores de BIS más bajos, la correlación entre las variables frontal y occipital fue más fuerte, es decir, se mostró mayor concordancia entre ellas.

Se postula que este patrón de correlación se relaciona con los cambios fisiológicos que se producen en diferentes etapas de la anestesia: durante un estado de sedación estable con suficiente relajación muscular y puntuaciones bajas BIS, el coeficiente de correlación es mayor que en otras etapas.⁶⁵

Se analizó también el comportamiento de las variables en las dos posiciones según la edad de los pacientes, dividiéndolos en mayores y menores de 50 años, no se recolectó ningún paciente que tuviera exactamente esa edad. Así mismo, se dividió la muestra en pacientes ASA I y ASA II y se estudió el comportamiento de las variables frontal y occipital en los distintos momentos en que se recogieron los datos para determinar la correlación entre ellas, ver Tablas 17 y 18. Se concluyó que para todos los subgrupos, excepto para los menores de 50 años, la correlación con significancia más alta, se presentó al momento de la craneotomía, guardando relación con lo encontrado en el estudio al analizar la totalidad de la muestra, mayores de 50 años con $r=0,91$, pacientes ASA I con $r=0,79$ y pacientes ASA II con $r=0,9$. Para el grupo de menores de 50 años, el momento de más alta correlación entre las variables fue posterior a la intubación, esto con significancia estadística, con $r=0,95$. En términos generales, todos los subgrupos siguieron una tendencia a correlacionarse de manera muy similar a lo encontrado al analizar la totalidad de la muestra.

LIMITACIONES

Existen varias limitaciones en el estudio, la primera de ellas sería que no se estandarizó el método anestésico utilizado durante el mantenimiento de la anestesia ni los medicamentos utilizados para la analgesia o el despertar, en caso que se aplicara reversión neuromuscular o algún medicamento antagonista de los aplicados durante el transoperatorio, lo cual puede haber influido en los resultados obtenidos.

No se definió ni clasificó tampoco el tipo de tumor cerebral que tenía el paciente ni la localización de este en el cerebro, así como tampoco el tamaño y localización del aneurisma, dependiendo del caso; es posible que los pacientes con diferente patología intracraneal pueden responder de manera diferente y obtener valores distintos.

RECOMENDACIONES

Motivar a los asistentes y residentes de anestesia a un uso más frecuente y rutinario de la tecnología de monitorización electroencefalográfica cerebral en nuestros hospitales para los distintos tipos de cirugía, especialmente en aquellas con mayor riesgo de conciencia transoperatoria, esto debido a todos los beneficios ya demostrados con su uso, principalmente la tecnología BIS, que es la que cuenta con mayor evidencia científica que avala su uso.

Incentivar en los residentes a la generación de nuevos estudios similares a este con validez científica para nuevas colocaciones alternativas del sensor BIS, debido a la gran cantidad de cirugías en las que no es posible colocarlo en la región frontal, tal como en pacientes sometidos a intervenciones de neurocirugía.

CONCLUSIONES

1. El estudio mostró una fuerte correlación entre los valores BIS de la colocación frontal y occipital durante el periodo posterior a la intubación, durante la incisión quirúrgica en piel, durante la craneotomía y en el mantenimiento de la anestesia al momento de la resección del tumor o *clipaje* de aneurisma.
2. La diferencia más grande entre las medias de ambas colocaciones (frontal y occipital) fue de +17,2 puntos BIS para el sensor occipital y fue en el momento de la inducción. En el resto de los periodos la diferencia fue menor de ± 10 puntos BIS.
3. Al comparar los valores obtenidos en los distintos momentos de medición durante la cirugía, la correlación más fuerte encontrada en el estudio entre los valores frontal y occipital, se presentó durante la craneotomía.
4. En todas las puntuaciones medias del BIS en los distintos momentos en los que se midió, la colocación occipital presentó valores más altos de BIS que el frontal, excepto antes de la inducción con el paciente despierto.
5. Cuando se obtienen valores de BIS más bajos, la correlación entre las variables frontal y occipital fue más fuerte.
6. Al dividir la muestra en diferentes subgrupos, mayores y menores de 50 años y ASA I y ASA II, no se encuentran diferencias en la tendencia general a correlacionarse los valores, excepto en el grupo de menores de 50 años donde la mayor correlación se presentó posterior a la intubación.

7. La colocación occipital resulta ser una posición válida para medir los valores BIS, en los casos en los que no es posible colocar sobre la zona frontal, como en algunos pacientes sometidos a intervenciones neuroquirúrgicas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Viken V, Asker S, Rud B. **Assessing the depth-of-hypnosis**. Tidsskr Nor Laegeforen. 2010 Mar 25; 130(6):633-7
- 2- Buisán F, Ruiz N. **Índice biespectral (BIS) para monitorización de la consciencia en anestesia y cuidados críticos: guía de práctica clínica**. Grupo de Trabajo de la Sociedad Castellano-Leonesa de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor (SOCLARTD). Valladolid: SOCLARTD; 2008.
- 3- Apfelbaum J, Arens J, Cole D et al. **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): 847-64.
- 4- Morgan, E., Mikhail, M. S., Butterworth, J., Mackey, D., & Wasnick, J. (2013). **Morgan & Mikail's Clinical Anesthesiology** (5th ed.). New York, USA: Lange, Macgraw Hill.
- 5- Luengo V, Zapata C, Delfino A, Calderón J, González M. **Awareness, consecuencias de una experiencia estresante**. Rev Med Chile 2010; 138: 352-357
- 6- Rosow C, Manberg PJ. **Bispectral index monitoring**. Anesthesiol Clin North America. 2001 Dec; 19(4):947-66, xi. Review.
- 7- Eger E, Sonner J. **How likely is awareness during anesthesia?** Anesth Analg. 2005; 100 (5): 1544.

- 8- Avidan M, Zhang L, Burnside B et al. **Anesthesia Awareness and the Bispectral Index**. N Engl J Med. 2008 Mar 13; 358(11):1097-108.
- 9- Orser B. **Depth-of-Anesthesia Monitor and the Frequency of Intraoperative Awareness**. N Engl J Med. 2008 Mar 13; 358(11):1189-91.
- 10- Medical Advisory Secretariat. **Bispectral index monitor: an evidence-based analysis**. Ontario Health Technology Assessment Series 2004; 4(9)
- 11- Davidson A, Huang G, Czarnecki C, et al. **Awareness during anesthesia in children: a prospective cohort study**. Anesth Analg. 2005; 100 (3): 653-61.
- 12- Blussé van Oud-Alblas H, Dijk M, Liu C et al. **Intraoperative awareness during paediatric anaesthesia**. Br J Anaesth. 2008 Oct 2: 104-110
- 13- Errando C, Sigl J, Robles M. **Awareness with recall during general anaesthesia: a prospective observational evaluation of 4001 patients**. Br J Anaesth. 2008 Aug; 101(2):178-85.
- 14- Andrade J, Deeprose C, Barker I. **Awareness and memory function during paediatric anaesthesia**. Br J Anaesth. 2008 Mar; 100(3):389-96.
- 15- Ranta S, Laurila R, Saario J, Ali-Melkkilä T, Hynynen M. **Awareness with recall during general anesthesia: incidence and risk factors**. Anesth Analg. 1998; 86 (5): 1084-9.
- 16- Ghoneim M, Block R, Haffarnan M, Mathews M. **Awareness during anesthesia: risk factors, causes and sequelae: a review of reported cases in the literature**. Anesth Analg. 2009 Feb; 108(2):527-35.

- 17- Sebel P, Bowdle T, Ghoneim M, et al. **The incidence of awareness during anesthesia: a multicenter United States study.** *Anesth Analg* 2004; 99 (3): 833-9.
- 18- Planas A, Hernández J, Riquelme I. **Factores de riesgo de despertar intraoperatorio.** En: Grupo de Trabajo de Despertar Intraoperatorio de la Sociedad Madrid Centro de Anestesiología y Reanimación. Madrid: Ergon; 2006. p. 9-12.
- 19- Eger E; Sonner J. **TIVA, awareness, and the Brice interview.** *Anesth Analg.* 2006 Mar; 102(3):967; author reply 967.
- 20- Paech M, Scott K, Clavisi O et al. **A prospective study of awareness and recall associated with general anaesthesia for caesarean section.** *Int J Obstet Anesth*, 2008; 17(4):298-303.
- 21- Aitkenhead A. **Injuries associated with anaesthesia. A global perspective.** *Br J Anaesth.* 2005 Jul; 95(1):95-109.
- 22- Ghoneim M, Block R, Haffarnan M et al. **Awareness during anesthesia: risk factors, causes and sequelae: a review of reported cases in the literature.** *Anesth Analg*, 2009; 108(2):527-535.
- 23- Leslie K, Chan M, Myles P et al. **Posttraumatic stress disorder in aware patients from the B-aware trial.** *Anesth Analg*, 2010; 110(3):823-828.
- 24- Martín-Larrauri R. **Principios físicos y matemáticos de la monitorización de la hipnosis.** En: Sociedad Madrid Centro de Anestesiología y Reanimación. *Despertar Intraoperatorio.* Madrid: Ergon; 2006. p. 71-88

- 25- Liu N, Chazot T, Mutter C, Fischler M. **Elevated Burst Suppression Ratio: The Possible Role of Hipoxemia.** *Anesthesia & Analgesia.* 2006 Dec.; 103(6):1608–1609.
- 26- Dressler O. **Awareness and the EEG power spectrum: analysis of frequencies.** *Br J Anaesth.* 2004 Dec. 1; 93(6):806–809.
- 27- Sleigh J, Steyn D, Steyn M, Williams M, Smith P. **Comparison of changes in electroencephalographic measures during induction of general anaesthesia: Influence of the gamma frequency band and electromyogram signal.** *Br J Anaesth.* 2001 Jan; 86(1):50-8.
- 28- Hernández J, Falcón L, Doménech P, Giménez J, Carrillo R, Martínez I. **Efectos del sevoflurano sobre los potenciales evocados auditivos de latencia media y límite de frecuencia espectral 95%.** *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2004 Mar; 51(3):133-6.
- 29- Bottros M, Palanca B, Mashour G, et al. **Estimation of the bispectral index by anesthesiologists: an inverse turing test.** *Anesthesiology.* 2011 May; 114(5):1093–1101.
- 30- Kelley S. **Monitoring consciousness. Using the Bispectral Index™ during anesthesia.** 2nd ed. Aspect Medical Systems, Inc.; 2007.
- 31- Kreuer S, Wilhelm W. **The Narcotrend monitor.** *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2006 Mar; 20(1):111-9.
- 32- Panousis P, Heller A, Burghardt M, Bleyl J, Koch T. **The effects of electromyographic activity on the accuracy of the Narcotrend monitor compared with the Bispectral Index during combined anaesthesia.** *Anaesthesia.* 2007 Sep; 62(9):868-74.

33- Drover D, Ortega H. **Patient state index**. Best Pract Res Clin Anaesthesiol. 2006 Mar; 20(1):121-8.

34- Bischoff P, Schmidt G. **Monitoring methods: SNAP**. Best Pract Res Clin Anaesthesiol. 2006 Mar; 20(1):141-6.

35- DANMETER A/S. **Cerebral State Monitor Model CSM 2 Manual** [Documento en línea]. Fecha de consulta jueves 1 de enero del 2015. Disponible en: [http://www.danmeter.dk/products/neuromonitoring/csmmonitor/userguides/CSM%20Monitor%20MKII%20-%20Manual%20561100006%20\(UK\).pdf](http://www.danmeter.dk/products/neuromonitoring/csmmonitor/userguides/CSM%20Monitor%20MKII%20-%20Manual%20561100006%20(UK).pdf)

36- Weber F, Zimmermann M, Bein T. **The impact of acoustic stimulation on the AEP monitor/2 derived composite auditory evoked potential index under awake and anesthetized conditions**. Anesth Analg. 2005 Aug; 101(2):435-9.

37- Punjasawadwong Y, Phongchiewboon A, Bunchungmongkol N. **Bispectral index for improving anaesthetic delivery and postoperative recovery**. Cochrane Database Syst Rev. 2014 Jun 17; 6:CD003843.

38- Saboya S, Martín A, Silva J, et al. **Monitorización de la sedación profunda. El monitor BIS®**. Enferm Intensiva. 2009 Oct; 20(4):73224-9.

39- ASPECT MEDICAL SYSTEMS, INC. **BIS VISTA™ Monitoring System OPERATING MANUAL**. [Documento en línea]. Fecha de consulta jueves 01 de enero del 2015. Disponible en: <http://www.covidien.com/imageServer.aspx/doc225593.00.pdf?contentID=24263&contenttype=application/pdf>

40- Myles PS, Leslie K, McNeil J, Forbes A, and Chan MT. **Bispectral index monitoring to prevent awareness during anaesthesia: the B-Aware randomised controlled trial**. Lancet 2004; 363: 1757–63.

41- Ekman A, Lindholm ML, Lennmarken C, Sandin R. **Reduction in the incidence of awareness using BIS monitoring.** Acta Anaesthesiol Scand. 2004; 48 (1): 20-6.

42- Avidan MS, Jacobsohn E, Glick D, et al. **Prevention of intraoperative awareness in a high-risk surgical population.** New England Journal of Medicine 2011; 365: 591–600.

43- Avidan MS, Mashhour GA. **Prevention of intraoperative awareness with explicit recall: making sense of the evidence.** Anesthesiology 2013; 118: 449–56.

44- Mashhour GA, Shanks A, Tremper KK, et al. **Prevention of intraoperative awareness in an unselected surgical population: a randomized comparative effectiveness trial.** Anesthesiology 2012; 117: 717–25.

45- Avidan MS, Zhang L, Burnside B, et al. **Anesthesia awareness and the bispectral index.** New England Journal of Medicine 2008; 358: 1097–108.

46- Gan TJ. **Risk factors for postoperative nausea and vomiting.** Anesthesia and Analgesia 2006; 102: 1884–98.

47- Apfel CC, Kranke P, Katz MH, et al. **Volatile anaesthetics may be the main cause of early but not delayed postoperative vomiting: a randomized controlled trial of factorial design.** British Journal of Anaesthesia 2002; 88: 659–68.

48- Escallier K, Nadelson M, and Zhou D, Avidan MS. **Monitoring the brain: processed electroencephalogram and peri-operative outcomes.** Anaesthesia. 2014 Aug; 69(8):899-910.

49- Liu SS. **Effects of Bispectral Index monitoring on ambulatory anesthesia: a meta-analysis of randomized controlled trials and a cost analysis.** *Anesthesiology*. 2004; 101 (2): 311-5.

50- Klopman MA1, Sebel PS. **Cost-effectiveness of bispectral index monitoring.** *Curr Opin Anaesthesiol*. 2011 Apr; 24(2):177-81.

51- Monk TG, Saini V, Weldon BC, Sigl JC. **Anesthetic management and one-year mortality after noncardiac surgery.** *Anesth Analg*. 2005; 100 (1): 4-10.

52- Lindholm ML, Traff S, Granath F, et al. **Mortality within 2 years values and preexisting malignant disease.** *Anesthesia and Analgesia* 2009; 108: 508–12.

53- Monk TG, Weldon BC. **Anesthetic depth is a predictor of mortality: it's time to take the next step.** *Anesthesiology*. 2010 May; 112(5):1070–1072.

54- Leslie K, Myles PS, Forbes A, Chan MT. **The effect of bispectral index monitoring on long-term survival in the B-aware trial.** *Anesthesia and Analgesia* 2010; 110: 816–22.

55- Kertai MD, Palanca BJ, Pal N, et al. **Bispectral index monitoring, duration of bispectral index below 45, patient risk factors, and intermediate-term mortality after noncardiac surgery in the B-Unaware Trial.** *Anesthesiology* 2011; 114: 545–56.

56- Sessler DI, Sigl JC, Kelley SD, et al. **Hospital stay and mortality are increased in patients having a “triple low” of low blood pressure, low bispectral index, and low minimum alveolar concentration of volatile anesthesia.** *Anesthesiology* 2012; 116: 1195–203.

57- Sleight JW, Steyn Ross DA, Steyn Ross ML, Williams M, Smith P. **Comparison of changes in electroencephalographic measures during induction of general anaesthesia: Influence of the gamma frequency band and electromyogram signal.** British Journal of Anaesthesia. British Jnl Anaesthesia; 2001; 86(1):50.

58- Greif R, Greenwald S, Schweitzer E, et al. **Muscle relaxation does not alter hypnotic level during propofol anesthesia.** Anesth Analg 2002; 94 (3): 604-8

59- Duarte L, Saraiva R. **When the bispectral index (bis) can give false results.** Rev Bras Anesthesiol. 2009 Jan-Feb; 59(1):99-109.

60- Dahaba AA. **Different conditions that could result in the bispectral index indicating an incorrect hypnotic state.** Anesthesia & Analgesia. 2005 Sep.; 101(3):765–773.

61- Hans P, Dewandre P-Y, Brichant JF, Bonhomme V. **Comparative effects of ketamine on Bispectral Index and spectral entropy of the electroencephalogram under sevoflurane anaesthesia.** British Journal of Anaesthesia. 2005 Mar.; 94(3):336–340.

62- Edwards JJ, Soto RG, Thrush DM, Bedford RF. **Bispectral index scale is higher for halothane than sevoflurane during intraoperative anesthesia.** Anesthesiology 2003; 99 (6): 1453-5.

63- Schwab HS, Seeberger MD, Eger EI II, Kindler CH, Filipovic M. **Sevoflurane Decreases Bispectral Index Values More than Does Halothane at Equal MAC Multiples.** Anesthesia & Analgesia. 2004 Dec.; 1723–1727.

- 64- Andrzejowski J, Sleight JW, Johnson IA, Sikiotis L. **The effect of intravenous epinephrine on the bispectral index and sedation.** *Anaesthesia* 2000; 55 (8): 761-3.
- 65- Shiraishi T, Uchino H, Sagara T, Ishii N. **A comparison of frontal and occipital bispectral index values obtained during neurosurgical procedures.** *Anesth Analg.* 2004 Jun; 98(6):1773-5.
- 66- Dahaba A, Xue J, Zhao G, et al. **BIS-vista occipital montage in patients undergoing neurosurgical procedures during propofol-remifentanil anesthesia.** *Anesthesiology.* 2010 Mar; 112(3):645-51.
- 67- Nelson P1, Nelson JA, Chen AJ, Kofke WA. **An alternative position for the BIS-Vista montage in frontal approach neurosurgical cases.** *J Neurosurg Anesthesiol.* 2013 Apr; 25(2):135-42.
- 68- Lee S, Kim Y, Lim B, et al. **Comparison of bispectral index scores from the standard frontal sensor position with those from an alternative mandibular position.** *Korean J Anesthesiol.* 2014 Apr; 66(4):267-73.

ANEXOS**1- Hoja de recolección de datos****Instrumento de recolección de datos**

Tesis: Colocación alternativa del índice biespectral (BIS) en la región occipital y la comparación de sus resultados con respecto a su colocación en la región frontal en pacientes sometidos a craneotomía en el Hospital México en los meses de mayo a junio de 2015

Fecha: ___/___/___

Paciente Número consecutivo: _____

Edad: _____ Género: _____

ASA: 1 (___) 2 (___) 3 (___) 4 (___) 5 (___)

Valor - Numero BIS (del 1-100)

Antes de la inducción (pérdida de conciencia) (F___ O___)

Al momento de la inducción (1' después) (F___ O___)

Posterior a la intubación (1' después) (F___ O___)

Al momento de la incisión quirúrgica en piel (F___ O___)

Al momento de la craneotomía (F___ O___)

Mantenimiento de la anestesia - transoperatorio (en el trascurso de la resección del tumor o clipaje de aneurisma) (F___ O___)

Posterior a la extubación (F___ O___)

Exclusión:

- <18ª y >70ª
- Craneotomía de emergencia
- No uso de relajantes neuromusculares
- Estado de conciencia anormal o con déficit cognitivo = Glasgow < 13
- Pacientes que no sean extubados al finalizar la cirugía

Observaciones:

Si durante la cirugía al momento de anotar el valor del BIS se usaran los siguientes artefactos por más de 15 minutos continuos o si el médico considere interferirá con la toma de datos, se debe señalar en el momento en el que esto ocurrió: marcapasos con generador externo, dispositivos de asistencia circulatoria (circulación extracorpórea), respiradores de alta frecuencia y electrocauterio.

2- Formulario de consentimiento informado

Consentimiento informado

Investigador Dr. Marco Castro Cartín
Teléfono 88123739 disponibilidad 24 horas

Introducción

Lo invito a ser parte de este estudio de investigación sobre el uso del índice biespectral (BIS), el cual es un dispositivo o artefacto que nos permitirá medir que tan despierto o dormido (estado de conciencia) se encuentra Ud. con la anestesia durante la cirugía que se le realizará, este dispositivo se coloca en la región occipital (atrás en la nuca) y en la región frontal (frente), es una tira suave con cuatro extensiones (electrodos) que se pegan con una goma no tóxica, no contiene látex y es desechable. Y los valores obtenidos se estudiarán y correlacionarán para hacer un análisis de su estado de conciencia durante la cirugía. Es importante que lea cuidadosamente este documento. Discutiré con usted el contenido de este informe y le explicaré todos aquellos puntos en los que tenga duda. Si después de haber leído toda la información usted decide participar en este estudio, deberá firmar en el lugar indicado y devolverlo a su médico. Si no participa no se vulnerarán sus derechos como paciente ni se tomarán represalias por ello

Propósito del estudio

Comparar los datos obtenidos de la colocación del BIS en su región frontal habitual con los obtenidos en la colocación en la región occipital y analizarlos para determinar si estos concuerdan entre sí o no

Procedimientos

Se tomara información personal de su expediente hospitalario. Datos como su edad, género, peso, altura, enfermedades médicas pasadas y tratamientos.

Se realizará el procedimiento de rutina de colocación del dispositivo BIS en la zona de la frente y se colocará otro dispositivo igual en la región de la nuca. Los procedimientos serán realizados bajo anestesia general, no serán dolorosos y no serán diferentes de lo que se le realizaría en su cirugía habitualmente, ya que la colocación del dispositivo BIS en estas dos localizaciones se realizan de rutina para las diferentes cirugías de neurocirugía, por lo que lo único que en realidad se hará es recopilar la información que nos darán estos aparatos y que de igual manera se produce normalmente en los monitores BIS.

Molestias o riesgos

Al igual que lo explicado anteriormente, todo lo que el estudio realiza diferente a lo acostumbrado es recopilar la información en un instrumento de recolección de datos, lo cual no le provocará ninguna molestia para usted. Este dispositivo se coloca de forma externa sin necesidad de ningún procedimiento doloroso o riesgoso para usted y no representaría ningún riesgo adicional.

Beneficio

Usted podría recibir el beneficio estar vigilado o monitorizado con un dispositivo moderno de gran precisión para medir su estado de conciencia (que tan despierto está) en el tiempo durante la cirugía y así evitar muchos riesgos que esto conlleva, esto se haría de forma doble con dos monitores iguales sin ningún riesgo para su salud. A nivel más amplio de la sociedad en general la realización de este estudio tratará de definir estadísticamente, la relación y efectividad o no de esta colocación en la parte de la nuca y así saber si el gasto de dinero que se hace normalmente constituye un beneficio para los pacientes o un gasto económico innecesario.

Confidencialidad

A menos que la ley lo exija, solo el investigador y el tutor de la investigación tendrán acceso a su información recopilada. Su identificación y sus datos serán confidenciales. Su nombre no aparecerá publicado o nombrado como producto de este estudio.

Consentimiento

He leído y comprendo este consentimiento informado. He recibido respuestas todas mis preguntas. Acepto voluntariamente sin presión alguna a participar en este estudio. Al firmar este documento no estoy renunciando a mis derechos legales que de todas maneras tengo como participante en un estudio de investigación.

Nombre del Sujeto/ Cedula Firma Fecha

Nombre del Testigo/Cedula Firma Fecha

Nombre del Investigador/ Cedula Firma Fecha

3- Certificación de revisión filológica



M.L. Vilma Isabel Sánchez Castro
Bachiller y Licenciada en Filología Española, U.C.R.
Inscripción profesional: 4621001621477

A QUIEN INTERESE

Yo, Vilma Isabel Sánchez Castro, Máster en Literatura Latinoamericana, Bachiller y Licenciada en Filología Española, de la Universidad de Costa Rica, con cédula de identidad 6-054-080; inscrita en el Colegio de Licenciados y Profesores, con el carné N° 003671, hago constar que he revisado el trabajo de investigación revisado y aprobado por el tutor (a). Y he corregido en él los errores encontrados en ortografía, redacción, gramática y sintaxis. El cual se intitula

**COLOCACIÓN ALTERNATIVA DEL ÍNDICE BIESPECTRAL (BIS) EN LA
 REGIÓN OCCIPITAL Y COMPARACIÓN DE SUS RESULTADOS CON
 RESPECTO A LA COLOCACIÓN EN LA REGIÓN FRONTAL EN PACIENTES
 SOMETIDOS A CRANEOTOMÍA EN EL HOSPITAL MÉXICO EN LOS MESES
 DE MAYO A JUNIO DE 2015**

DE

MARCO CASTRO CARTÍN

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO EN ANESTESIOLOGÍA Y
 RECUPERACIÓN PARA OPTAR AL GRADO Y TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
 ANESTESIOLOGÍA Y RECUPERACIÓN
 POSGRADO EN ANESTESIOLOGÍA Y RECUPERACIÓN
 UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

Se extiende la presente certificación a solicitud del interesado, en la ciudad de San José a los seis días del mes de octubre de dos mil quince. La filóloga no se hace responsable de los cambios que se le introduzcan al trabajo posterior a su revisión y que no estén contemplados en el Cd de respaldo.

Vilma Isabel Sánchez Castro

Telefonos 2227-8513 fax 2286-3954. Cel 8994-76-93
 www.mavilsacr.com isa@mavilsacr.com -vilma_sanchez@hotmail.com