

11202  
60

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

THE AMERICAN BRITISH COWDRAY MEDICAL CENTER

SEDACION MONITORIZADA CON INDICE BI-ESPECTRAL PARA  
CIRUGÍA OFTÁLMICA

por

Dr. Francisco Guadarrama Quijada

Tesis de Posgrado propuesta para obtener el título de:

Especialista en Anestesiología

Profesor Titular del Curso  
Dr. Pastor Luna Ortiz

Asesor  
Dr. Hilario Genovés Gómez

México D.F.

Febrero, 2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

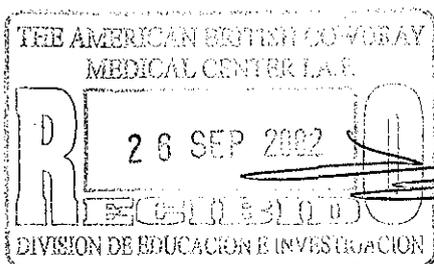
**SEDACIÓN MONITORIZADA CON INDICE BI-  
ESPECTRAL PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA**

SUBDIVISION DE ESPECIALIZACION  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE MEDICINA  
U. N. A. M.

**DR. PASTOR LUNA ORTIZ**  
Profesor Titular del Curso de Especialización  
en Anestesiología  
Centro Médico ABC  
División de Estudios de Posgrado  
Facultad de Medicina U.N.A.M.

**DR. CARLOS I. HURTADO REYES**  
Jefe del Departamento de Anestesiología  
Profesor Adjunto del Curso de Especialización  
en Anestesiología  
Centro Médico ABC  
División de Estudios de Posgrado  
Facultad de Medicina U.N.A.M.

**DR. HILARIO GENOVES GOMEZ**  
Asesor de Tesis



## *DEDICATORIAS*

*Para mis dos nenas: Selene y Blanca Carolina; Ustedes son la luz de mi existencia*

*Para mi Madre que está en el cielo*

*Para mi Papá, Abuelita, Tías, Primos, Miri y el Angelito. Su amor y ejemplo han sido mi fuerza*

## *AGRADECIMIENTOS*

*A los Doctores Pastor Luna y Carlos Hurtado, me han enseñado la mejor anestesia y mucho mas.*

*A los Doctores Hilario Genovés y Verónica Colín, por su apoyo para la realización de este proyecto*

*A todos los anesthesiólogos del ABC, y de los hospitales en que rotamos; cada quien me enseñó algo*

*A Sara, Taryn y Rodrigo, ustedes son los mejores amigos y confiado me pondría en sus manos*

*A la Dra. Nadima Simón, por darle forma científica a esta loca idea mía*

## INTRODUCCIÓN

No existe una medición del nivel de sedación universalmente aceptada. Por lo que se han utilizado indicadores somáticos y clínicos como presión arterial, frecuencia cardiaca y movimiento al estímulo doloroso para ajustar los niveles de analgesia y sedación en distintos tipos de procedimientos; Sin embargo no se ha encontrado una buena correlación entre estos y el nivel de sedación<sup>1,3</sup> El índice bi-espectral (BIS) se esta utilizando recientemente para ajustar niveles de sedación en varios escenarios clínicos<sup>2,5</sup>

El índice bi-espectral depende de una evaluación matemática compleja de parámetros electroencefalográficos de la corteza frontal; se calcula a partir de múltiples variables que son predictores independientes de la probabilidad de conciencia estos predictores se combinan con pesos diferentes específicos en una regla de predicción que ofrece una medición de la hipnosis en una escala linearizada que corresponde a distintos niveles de sedación.<sup>4,7,9</sup> Se trata de un valor derivado del electroencefalograma (EEG) que a mostrado ser una medición cuantitativa de los efectos sedantes e hipnóticos de los anestésicos en el sistema nervioso central (SNC) varia de 0 a 100 (0 coma, 40 a 60 inconsciente, 70 a 90 niveles variables de sedación y 100 completamente despierto<sup>2,5,8</sup> (figura 1)

El desarrollo del monitoreo de índice bi-espectral se realizó en voluntarios sanos<sup>10</sup> y posteriormente su aplicación clínica se ha dirigido fundamentalmente a la vigilancia durante anestesia general, principalmente para prevenir el recuerdo trans-operatorio, que es la una de las principales causas de demandas a anesthesiólogos<sup>11</sup>

Existen pocos estudios referentes al BIS como monitor para sedación consciente, en un estudio reciente se identificó el nivel adecuado de BIS para sedación en endoscopia de tubo digestivo alto<sup>12</sup>

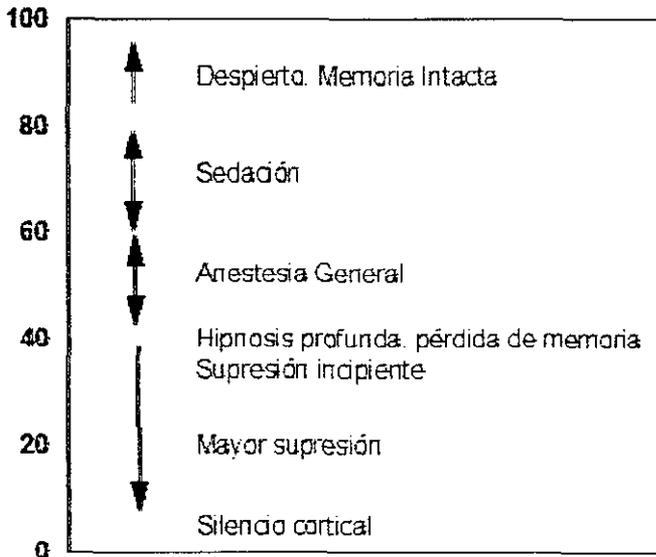
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

La cirugía oftalmológica tiene un requerimiento especial de sedación, de modo que el paciente permanezca inmóvil, sin hablar y al mismo tiempo no presente depresión respiratoria y/o ronquidos

El objetivo de este trabajo fue determinar el nivel de sedación más seguro y adecuado de acuerdo al índice bi-espectral para la cirugía oftalmológica e hipotetizamos que un nivel de índice bi-espectral alrededor de 90 deberá corresponder al mejor nivel de satisfacción y seguridad para el paciente y el cirujano durante la realización de ciertos procedimientos oftalmológicos, principalmente cirugía de catarata y colocación de lente intraocular

FIGURA 1  
NIVELES DE SEDACION Y ANESTESIA DE ACUERDO AL BIS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*MARCO TEORICO*

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

*Monitoreo de la profundidad anestésica*

Los enfoques conceptuales para definir la profundidad anestésica son muy variados desde las profundas discusiones científicas sobre la concentración alveolar de anestésicos inhalados necesaria para eliminar el movimiento ante un estímulo doloroso en 50% de los pacientes (CAM) hasta descripciones clínicas anecdóticas sobre anestesia "ligera", "moderada" o profunda"

Plomley fue el primer autor, en 1847 en definir la profundidad anestésica. Describiendo tres etapas: Intoxicación, excitación (consciente e inconsciente) y narcosis<sup>13</sup>. En el mismo año John Snow describió "cinco grados de narcosis" los primeros tres abarcan la inducción y los dos siguientes la anestesia quirúrgica. <sup>14</sup> en 1937 Guedel publicó su descripción clásica los signos clínicos de la anestesia con éter, utilizando observaciones de tono muscular, patrones respiratorios y patrones de movimiento ocular <sup>15</sup> En 1954 Artusio complemento la definición de Guedel para la anestesia con éter y fue el primero en tomar en cuenta los importantes conceptos de: analgesia y amnesia <sup>16</sup>

Posteriormente las definiciones de profundidad anestésica fueron cambiando de acuerdo a la evolución de las técnicas anestésicas y la disponibilidad de nuevos medicamentos; por ejemplo, los planos más profundos descritos por Snow no se alcanzaban frecuentemente hasta los primeros años del siglo 20, cuando estuvo disponible el oxígeno suplementario y esto permitió a los anesthesiólogos aumentar sus niveles de seguridad. La introducción y el uso frecuente de los relajantes musculares a partir de 1942 prácticamente inutilizó la descripción de Guedel de los planos de la anestesia, ya que siete de los nueve signos descritos por el se refieren a actividad muscular, dejando solamente el lagrimeo y el tamaño pupilar

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

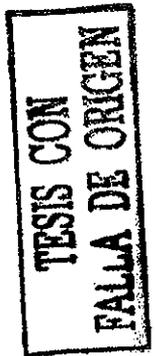
como datos útiles para medir la profundidad anestésica en pacientes en los que se había utilizado relajante muscular. Lo que causó que la profundidad anestésica fuera más difícil de medir clínicamente de acuerdo con los parámetros tradicionalmente utilizados. A partir de 1950 comenzaron a aparecer los primeros reportes de anestesia insuficiente y conciencia trans-operatoria <sup>17</sup>.

El primer autor en reconocer los diferentes componentes de la Anestesia fue Woodbrigde<sup>14</sup> quien mencionó cuatro componentes 1) bloqueo sensorial, 2) bloqueo motor, 3) bloqueo de reflejos de los sistemas respiratorio, cardiovascular y gastrointestinal y 4) bloqueo nervioso, sueño o inconciencia. Se pueden utilizar diferentes drogas para lograr cada uno de estos efectos; de cualquier modo Woodbrigde no señaló ningún método para evaluar ninguno de estos componentes.

En una editorial en 1987, Prys-Roberts<sup>18</sup> realizó una contribución significativa al concepto de profundidad anestésica al redefinir los elementos que son verdaderamente significativos para la anestesia. Este autor señaló que la estimulación quirúrgica induce una serie de respuestas reflejas que pueden ser modificadas en forma independiente para beneficio del paciente; de este modo se definió el estado anestésico como aquel en que como resultado de un estado de inconciencia inducido por medicamentos el paciente ni percibe ni recuerda el estímulo nociceptivo.

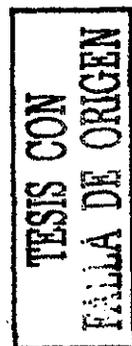
Kissin en una editorial de 1993, hizo una nueva contribución a la definición de anestesia, al señalar que una gran variedad de efectos farmacológicos producidos por varios medicamentos pueden ser usados para crear el estado de anestesia general. Siendo estos analgesia, ansiolisis, amnesia, inconciencia y supresión de las respuestas somáticas, cardiovasculares y hormonales al estímulo nociceptivo<sup>19</sup>

Al entender la anestesia general como un conjunto de acciones farmacológicas que varían de acuerdo al objetivo de la anestesia, se pueden obtener ciertas conclusiones acerca de la



Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

medición de la potencia anestésica y la profundidad anestésica; Kissin estableció que esta diversidad de acciones farmacológicas de las que esta compuesta la anestesia hace imposible determinar la potencia de las diferentes acciones con una medición única. Por lo que en la práctica actual la medición de la profundidad anestésica debe realizarse especificando el estímulo nocivo y la clase específica de droga que elimina la respuesta a este estímulo; es decir: la medición separada de la magnitud de acción de las drogas que influyen sobre cada componente del estado anestésico.



*Memoria y conciencia trans-anestésicas*

Antes de la introducción de la anestesia en 1846 era poco común la práctica de la cirugía mayor, Robertson publico en 1989 dos descripciones de la tortura sufrida por victimas de procedimientos quirúrgicos realizados antes de la introducción de la anestesia.<sup>20</sup> La introducción de la anestesia no eliminó completamente las impresionantes descripciones de dolor durante procedimientos quirúrgicos. En la práctica clínica actual aun se presentan reportes de conciencia y recuerdo del dolor e incluso otras circunstancias, como las conversaciones de los Médicos durante anestesia.

Vickers describió dos grados de profundidad inadecuada de la anestesia <sup>21</sup>. El primero involucra el recuerdo de algún evento sucedido durante el efecto de la anestesia; la memoria consciente o explícita se refiere al recuerdo consciente o intencional de experiencias previas evaluado por una prueba de memoria. El segundo grado de anestesia inadecuada se refiere a la respuesta al estímulo auditivo sin que se desarrolle una memoria de este estímulo, a este estado se le llama "Wakefulness" en la literatura anglosajona y a pesar de considerarse un estado inadecuado de anestesia general, puede ser un estado de sedación suficiente para algunos

Guadarrama F

## SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

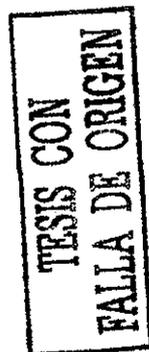
procedimientos, como la intubación con paciente despierto o los primeros momentos de la cirugía de catarata, donde se requiere la cooperación del paciente para la colocación del bloqueo retro-ocular. La memoria inconsciente o implícita se refiere a cambios en comportamiento o desempeño producidos por experiencias previas, medidos por pruebas que no requieren un recuerdo intencional o consciente de estas experiencias.

### *Principios farmacológicos de la medición de la profundidad anestésica*

Antes de discutir los métodos clínicos y electrofisiológicos usados para medir la profundidad anestésica se deben entender los conceptos farmacológicos que determinan la relación entre la dosis de un agente anestésico; su concentración plasmática y la respuesta farmacológica que produce. La farmacocinética estudia la interacción del organismo con la droga a través de distribución y eliminación, lo que determina la concentración de la droga que finalmente queda disponible en el sitio de acción o biofase. La farmacodinamia estudia los principios que determinan la dosis disponible en la biofase y la respuesta clínica<sup>21</sup>. Para determinar un cambio en el requerimiento de dosis de algún anestésico el clínico debe de ser capaz de distinguir entre estos componentes; por lo tanto la medición de la profundidad anestésica puede ser considerada como una medición farmacodinámica, de hecho algunos modelos computarizados para administración de anestesia se basan en estos principios.

### *Mediciones clínicas de la profundidad anestésica*

*Anestésicos inhalados (respuesta motora y el concepto de CAM)*



## Guadarrama F SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

El movimiento voluntario en respuesta al estímulo nocivo operatorio es uno de los signos clínicos más útiles para evaluar la profundidad anestésica y se usa principalmente para medir la profundidad del estado anestésico inducido por los agentes halogenados potentes. El CAM se define como la concentración alveolar mínima requerida para prevenir en un 50% de los sujetos el movimiento voluntario como respuesta al estímulo doloroso y tiene 4 componentes básicos 1) la respuesta de todo o nada debe ocurrir después de un estímulo nocivo supra-máximo; 2) las concentraciones del anestésico al final de la espiración en el alveolo se usan como una indicación de la concentración cerebral del mismo; 3) se debe utilizar un cálculo matemático adecuado para encontrar la relación entre la concentración alveolar y la respuesta motora y determinar la CAM y 4) la CAM puede ser determinada para estados fisiológicos y farmacológicos alterados.

### *Otras respuestas clínicas*

La respuesta motora al estímulo nocivo no se usa comúnmente en la práctica clínica, ya que el uso común de los relajantes musculares ha hecho poco útil a este parámetro. Otros datos han sido investigados como posibles mediciones clínicas de la profundidad anestésica: La frecuencia y el volumen respiratorio espontáneo, movimiento ocular, el diámetro y la reacción de la pupila a la luz, frecuencia cardíaca, presión arterial y signos del SNA como sudoración. No ha sido posible utilizar estos signos para generar mediciones uniformes de la profundidad del estado anestésico inducido por anestésicos inhalados. A pesar de que algunos de estos signos si se correlacionan con la profundidad de la anestesia producida por algunos anestésicos inhalados, esta correlación no es uniforme.

### *Opioides*

Los analgésicos opioides se usan extensamente para premedicación, como complemento en anestesia general y regional, en raras ocasiones como agente anestésico único y

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

también para analgesia postoperatoria. La narcosis producida por estas drogas disminuye las respuestas autonómicas, somáticas y endocrinas al estímulo nocivo. Por lo tanto los datos clínicos que se han usado para identificar una anestesia inadecuada debido a una concentración insuficiente de estos agentes han sido de estos tipos, como 1) incremento de la presión arterial o de la frecuencia cardiaca, 2) respuesta somática (movimiento) en ausencia de relajantes musculares u otras respuestas somáticas como deglución, gesticulación, tos u apertura ocular y 4) respuesta autonómicas como lagrimeo, rubor o sudoración. Varios investigadores han logrado encontrar las concentraciones plasmáticas de los diferentes opioides que pueden prevenir que se presenten estas respuestas ante los diferentes estímulos, como son la intubación o el cierre de la piel, desafortunadamente existe una gran variabilidad entre los pacientes y al contrario de la administración insuficiente no se ha encontrado un dato clínico de la sobre-administración de opioides en el trans-operatorio. El único dato de este problema se presenta al final de la anestesia, con el retardo en el inicio de la ventilación espontánea<sup>22</sup>.

*Anestésicos no opioides de administración intravenosa*

Tradicionalmente estos agentes habían sido usados únicamente para la inducción de anestesia general. Con la introducción del propofol que se usa para el mantenimiento de la anestesia en la práctica clínica se ha hecho relevante la medición de la profundidad de la anestesia inducida por estas drogas. Becker presentó uno de los primeros estudios en cuantificar la relación entre la concentración plasmática de un anestésico intravenoso (en este caso tiopental) con mediciones clínicas de la profundidad anestésica y encontró que el reflejo corneal y una respuesta motora a un fuerte apretón del trapecio correlacionaban adecuadamente con una respuesta motora al estímulo quirúrgico. Estudios subsecuentes han encontrado las concentraciones plasmáticas de tiopental y de propofol solo o de propofol con fentanil que previenen una respuesta a los

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

diferentes tipos de estímulo<sup>23, 24</sup>, sin embargo, al igual que sucede con otras drogas en la práctica es difícil lograr una concentración plasmática deseada por la ya mencionada variabilidad entre los pacientes. En la práctica clínica los anestésicos intravenosos se utilizan frecuentemente combinados con otros agentes que proveen analgesia adicional. La adición de estos agentes proporciona un mejor control de las respuestas hemodinámicas a estímulos relevantes como la laringoscopia o la intubación que el que proporcionarían los anestésicos intravenosos como agentes únicos.

*Enfoques electrofisiológicos para la medición de la profundidad anestésica*

*Electroencefalograma espontáneo*

El descubrimiento de que las drogas anestésicas alteran el electroencefalograma (EEG) data desde el descubrimiento de que el cerebro produce actividad eléctrica. En 1875 Caton describió la influencia del cloroformo en el EEG<sup>25</sup>. En 1952 Falcouner demostró con éter que la profundidad anestésica basada en el reconocimiento de patrones electroencefalográficos correlacionaba con la concentración arterial del anestésico, también demostró que la presencia de óxido nitroso disminuía la concentración de éter necesaria para lograr un efecto electroencefalográfico dado<sup>26</sup>.

El EEG puede ser considerado como una medición de la profundidad anestésica, por varias razones. Representa la actividad eléctrica cortical derivada de la suma de la actividad pos-sináptica inhibitoria y excitatoria. Esta actividad eléctrica tiene correlaciones fisiológicas importantes para la anestesia. El flujo sanguíneo y el metabolismo cerebral están relacionados con la actividad eléctrica. A pesar de que el monitoreo del electroencefalograma involucra el acumular una gran cantidad de información; existen nuevas técnicas de análisis computarizado que pueden destilar el EEG en un formato

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

condensado y descriptivo<sup>27</sup>. En términos generales se acepta que la anestesia inadecuada induce activación del EEG, mientras que a niveles más profundos de anestesia el estímulo nocivo no induce cambios en el EEG. A pesar de estas ventajas, los primeros estudios concluyeron que el EEG no era un instrumento confiable para la medición de la profundidad anestésica. Ya que ninguno de los parámetros derivados del mismo podía servir como un predictor individual de la profundidad anestésica. Solo recientemente se ha desarrollado un esfuerzo de investigación coordinado para desarrollar un medidor de profundidad anestésica a partir del EEG: El monitor del índice bi-espectral (BIS)

### **Monitoreo de índice bi-espectral (BIS)**

El desarrollo exitoso del BIS se ha debido a los siguientes puntos:

- 1) El uso de un modo más avanzado de proceso del EEG
- 2) La recolección concurrente de datos clínicamente relevantes (movimientos, hemodinamia, concentración de drogas) en pacientes y voluntarios, junto con los datos electroencefalográficos seguida del uso de técnicas estadísticas avanzadas multivariantes para correlacionar los datos clínico con los del EEG, para crear el parámetro BIS
- 3) El reconocimiento de que el BIS mide la parte hipnótica del estado anestésico y es menos sensible al componente analgésico del mismo
- 4) El desarrollo de datos de resultados clínicamente relevantes que demuestran que el monitoreo con BIS puede incrementar la calidad de un régimen anestésico

- 5) El desarrollo de la tecnología óptima para el procesamiento de la señal en el ambiente eléctricamente ruidoso del quirófano

#### *Procesamiento bi-espectral del EEG*

Hasta la fecha, la mayor parte del análisis del EEG ha sido a partir de la frecuencia de las ondas, esto involucra caracterizar las señales del EEG en ondas sinusoidales, con el análisis de Fourier, que las describe en función de su amplitud, frecuencia y ángulo de fase. El análisis bi-espectral es un abordaje estadístico mas avanzado que el de Fourier; fue aplicado inicialmente en geofísica en los años 60 para estudiar fenómenos como el movimiento de las olas o cambios en la presión atmosférica<sup>28</sup>. El análisis bi-espectral puede caracterizar la correlación de fase entre las diferentes frecuencias de la transformación de Fourier (acoplamiento de fase). El significado de las relaciones de fase del EEG no esta muy claro, pero en términos generales se cree que una relación de fase muy marcada se relaciona inversamente con el número de marcapasos del cerebro. Adicionalmente el análisis bi-espectral puede identificar datos no-lineales del EEG que pueden ser importantes en el proceso de generación del EEG y que pueden contribuir al proceso de eliminación de ruido.

#### *Desarrollo del índice bi-espectral*

El BIS es un parámetro electroencefalográfico complejo que ha estado en desarrollo desde 1985 y es el único monitor de profundidad anestésica, aprobado por la FDA. Su desarrollo involucró el estudio de 1500 procedimientos anestésicos y 5,000 horas de EEG obtenidas bajo un amplio rango de técnicas anestésicas. El procedimiento fue tomar el EEG, quitar los artefactos y posteriormente realizar los cálculos de Fourier y bi-espectrales; Adicionalmente se recabaron datos clínicos como la presencia de movimiento o la concentración de anestésico, posteriormente se usaron técnicas estadísticas de análisis de

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

datos para identificar los componentes del EEG que mejor correlacionaban con los datos clínicos y farmacológicos desarrollando así los primeros prototipos del monitor de BIS los cuales se fueron mejorando con nuevas pruebas clínicas. Posteriormente se adaptado el monitor de BIS para identificar parámetros de brote-supresión

*Validación clínica del índice bi-espectral*

Los estudios iniciales con las primeras versiones del BIS demostraron que este parámetro podía predecir movimiento del paciente como respuesta a la incisión de la piel durante la anestesia con isoflorano.<sup>29</sup> Desde los primeros estudios multicéntricos se demostró que la utilidad del BIS depende la técnica anestésica; cuando se utilizan hipnóticos como propofol o isoflorano se utilizan como anestésico principal los cambios en el BIS correlacionan adecuadamente con la probabilidad de movimiento y cuando se utilizan analgésicos opioides en dosis altas, esta correlación disminuye.

Varios estudios han examinado los beneficios clínicos y económicos del monitoreo rutinario con BIS en cirugía general. Gan y su grupo<sup>30</sup> estudiaron 302 sujetos en cuatro instituciones, distribuyéndoles en dos grupos: 1) un grupo experimental en que una infusión de propofol se ajustó para mantener el valor de BIS entre 45 y 60 y 2) el grupo control en que los mismos anestésicos fueron infundidos y ajustados de acuerdo a datos clínicos para proveer la emersión mas rápida posible. Los pacientes en el grupo de propofol requirieron menores dosis de propofol, se extubaron antes y estuvieron mas orientados a su ingreso a la unidad de recuperación.

Kearse realizó una investigación mas detallada de la formación de memoria y la capacidad de obedecer órdenes durante la sedación con propofol y óxido nitroso. Encontrando una fuerte concentración entre el valor del BIS y los puntajes de respuesta a órdenes<sup>7</sup>.

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

En comparación con los estudios que evalúan el monitoreo con BIS para anestesia existen pocos trabajos, que se refieran al monitoreo con BIS para sedación, en uno de estos Liu, Singh y White demostraron en 26 pacientes que el BIS se correlaciona adecuadamente con el grado de sedación clínica inducida por dosis altas o bajas de midazolam.<sup>8</sup>

**OTROS ELEMENTOS UTILIZADOS PARA  
MONITORIZAR LA PROFUNDIDAD ANESTÉSICA**

*Potenciales evocados.*

La estimulación sensorial o neural produce una señal de baja amplitud, o “potencial evocado” en el SNC, esta respuesta evocada puede ser separada del EEG subyacente por medio de técnicas computacionales. La habilidad para provocar una respuesta es una medición de integridad funcional de los receptores y de la vía neuronal que conduce los estímulos recibidos al SNC. Los potenciales evocados son sensitivos a los efectos de las drogas anestésicas, por lo que han sido utilizados como posibles medidores del efecto anestésico de estas drogas y de la profundidad anestésica<sup>31</sup>. La medición de los potenciales evocados involucra la grabación de fragmentos del EEG y referenciarlos temporalmente con estímulos sensoriales aplicados en forma repetida. Por lo que la respuesta evocada consiste una relación de tiempo contra voltaje que puede ser cuantificada midiendo el tiempo de latencia post-estímulo y la forma de la onda<sup>32</sup>. Los potenciales evocados se han propuesto como un monitor tan sensible (y según algunos autores: Más sensible) que los potenciales evocados para detectar la conciencia trans-operatoria. Ya que se acepta generalmente que los estímulos auditivos en particular pueden ser percibidos en el trans-operatorio y recordados en el post-operatorio<sup>33</sup>. La preservación de los potenciales auditivos corticales tempranos de latencia media durante anestesia general sugiere que se puede preservar y procesar la información auditiva recibida en el trans-

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

En comparación con los estudios que evalúan el monitoreo con BIS para anestesia existen pocos trabajos, que se refieran al monitoreo con BIS para sedación, en uno de estos Liu, Singh y White demostraron en 26 pacientes que el BIS se correlaciona adecuadamente con el grado de sedación clínica inducida por dosis altas o bajas de midazolam.<sup>8</sup>

**OTROS ELEMENTOS UTILIZADOS PARA  
MONITORIZAR LA PROFUNDIDAD ANESTÉSICA**

*Potenciales evocados.*

La estimulación sensorial o neural produce una señal de baja amplitud, o “potencial evocado” en el SNC, esta respuesta evocada puede ser separada del EEG subyacente por medio de técnicas computacionales. La habilidad para provocar una respuesta es una medición de integridad funcional de los receptores y de la vía neuronal que conduce los estímulos recibidos al SNC. Los potenciales evocados son sensitivos a los efectos de las drogas anestésicas, por lo que han sido utilizados como posibles medidores del efecto anestésico de estas drogas y de la profundidad anestésica<sup>31</sup>. La medición de los potenciales evocados involucra la grabación de fragmentos del EEG y referenciarlos temporalmente con estímulos sensoriales aplicados en forma repetida. Por lo que la respuesta evocada consiste una relación de tiempo contra voltaje que puede ser cuantificada midiendo el tiempo de latencia post-estímulo y la forma de la onda<sup>32</sup>. Los potenciales evocados se han propuesto como un monitor tan sensible (y según algunos autores: Más sensible) que los potenciales evocados para detectar la conciencia trans-operatoria. Ya que se acepta generalmente que los estímulos auditivos en particular pueden ser percibidos en el trans-operatorio y recordados en el post-operatorio<sup>33</sup>. La preservación de los potenciales auditivos corticales tempranos de latencia media durante anestesia general sugiere que se puede preservar y procesar la información auditiva recibida en el trans-

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

anestésico y recordarla en el postoperatorio, por lo que se ha sugerido que todo régimen anestésico debe incluir drogas como propofol y anestésicos volátiles que supriman este potencial evocado auditivo para disminuir el riesgo de conciencia y recuerdo del trans-operatorio<sup>34</sup>. A pesar de que los cambios en los potenciales evocados auditivos de latencia media pueden reflejar en forma confiable la profundidad anestésica. Estos potenciales no son fáciles de medir por lo que se ha realizado un índice (AEP<sub>index</sub>) similar al BIS. Recientemente se ha demostrado que este índice y el BIS son capaces de distinguir entre el estado anestésico y el de alerta pero el AEP<sub>index</sub> parece indicar con mayor exactitud la transición de conciente a inconciente<sup>35</sup>.

### **Cuidado Anestésico Monitorizado (CAM)**

La anestesia quirúrgica en los pacientes de este estudio fue proporcionada por la aplicación de anestésico local en el espacio retro-bulbar; sin embargo además se les brindo a estos pacientes un cuidado anestésico monitorizado (CAM), que se compone de sedación, monitorización, analgesia y otros elementos. La sociedad americana de anesthesiólogos (ASA) define al CAM como aquel procedimiento en que se ha solicitado a un anesthesiólogo el proveer servicios específicos de anestesia a un paciente particular mientras se le realiza un procedimiento planeado. Este paciente puede o no recibir anestesia local. En estos casos el anesthesiólogo provee servicios específicos al paciente, controla sus signos vitales y esta disponible para administrar anestésicos, otros medicamentos o los cuidados necesarios<sup>36</sup>.

#### *Definición de niveles de sedación durante CAM*

La ASA<sup>37</sup> ha definido los niveles de sedación como sigue:

- 1) Sedación conciente: Un estado de conciencia levemente deprimido que mantiene la habilidad del paciente para proteger su vía aérea continuamente y

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

que le permita responder apropiadamente al estímulo físico o verbal.

- 2) Sedación profunda: Un estado controlado de conciencia deprimida; acompañado de una pérdida parcial de los reflejos protectores, incluyendo la habilidad para responder concientemente a un estímulo verbal.
- 3) Anestesia general: Un estado controlado de inconciencia acompañado de una pérdida parcial o completa de los reflejos protectores, incluyendo la no- habilidad para mantener la vía aérea y para responder concientemente a un estímulo verbal.

El nivel de sedación requerido por nuestros pacientes de acuerdo a esta clasificación era el de sedación conciente, ya que los referidos pacientes no se encontraban intubados, únicamente con oxígeno suplementario por puntas nasales y el anestesiólogo no tenía acceso para el manejo de la vía aérea.

Los objetivos de la sedación conciente según Scaman y cols<sup>38</sup>. Son:

- 1) Aliviar la ansiedad y causar amnesia, estos objetivos se logran mediante una buena comunicación e instrucción pre-operatoria. Además de mantener bajos niveles de estímulo visual y auditivo y asegurar la comodidad y temperatura adecuada para el paciente.
- 2) Proveer alivio del dolor y otros estímulos nocivos, esto se logra habitualmente mediante analgésicos opioides que suplementan el efecto de los anestésicos locales o tópicos
- 3) Lograr sedación adecuada con un riesgo mínimo.

*Monitoreo del nivel de sedación*

Se ha desarrollado una gran variedad de sistemas de puntuación objetivos para monitorizar los cambios temporales en el nivel de sedación tratando así de reducir el sesgo de observadores individuales.

SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

- 1) La escala de Ramsay<sup>39</sup>, un sistema de puntaje objetivo que fue originalmente usado para cuantificar el nivel de sedación inducida por drogas en la unidad de terapia intensiva. Desafortunadamente es difícil cuantificar el grado de agitación o sobre-sedación con esta escala.
- 2) La evaluación por observador de conciencia/sedación (OAA/S)<sup>40</sup> que se desarrolló para cuantificar los efectos de las benzodiazepinas y que evalúa la respuesta a los estímulos, el habla, la expresión facial y la apariencia ocular
- 3) La escala visual análoga también ha sido utilizada para evaluar la sedación<sup>41</sup>
- 4) El método neurofisiológico más comúnmente usado para monitorizar el nivel de sedación ha sido el BIS; Liu y su grupo demostraron que el BIS se correlaciona adecuadamente con la sedación inducida por propofol o midazolam medida de acuerdo a la OAA/S<sup>8,42</sup>

Los únicos métodos útiles para evaluar la profundidad de la sedación en los pacientes del presente estudio era el BIS y la escala no validada previamente que únicamente toma en cuenta el número de veces que el paciente habla o se mueve en forma clínicamente aparente durante el periodo de 5 minutos previos a la evaluación. Ya que a diferencia de los otros métodos estos dos no requieren de interactuar con el paciente, lo que hubiera alterado las condiciones operatorias del mismo.

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

*JUSTIFICACION*

No se conoce el nivel de BIS adecuado y seguro para conducir la sedación en cirugía oftalmológica.

La introducción de una nueva técnica o un nuevo aparato de monitoreo requiere evaluación en diversas situaciones clínicas, el encontrar un nivel de BIS que correlacione con sedación adecuada y segura para estos procedimientos permitirá mejorar la atención de los pacientes sometidos a cirugía oftálmica, después de una búsqueda en la literatura no encontramos ningún estudio que trate este tema específicamente.

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

**OBJETIVOS**

**Objetivo General**

1- Encontrar el nivel de índice bi-espectral que mejor correlaciona con un nivel de sedación adecuado para cirugía oftálmica con bloqueo peri-ocular

**Objetivos Particulares**

1.- Registrar el nivel de BIS cada 5 minutos durante cirugía oftálmica y sedación con propofol como agente principal para correlacionarlo con el número de veces en que el paciente se mueve o habla durante este periodo, lo que es un indicador de la calidad de la sedación.

2.- Encontrar la dosis de midazolam, fentanil y propofol que proporcionan el nivel de índice bi-espectral adecuado para cirugía oftálmica

3.- Evaluar el monitor de índice bi-espectral como un instrumento para monitorizar y conducir la sedación en cirugía oftálmica

## ***MATERIAL Y MÉTODOS***

### *Diseño*

Se trata de un estudio clínico, experimental prospectivo, longitudinal y controlado

### *Criterios de inclusión*

Paciente adulto sometido a cirugía de catarata por el grupo quirúrgico-anestésico de investigadores durante el periodo de estudio

Estado funcional I o II según la clasificación de la Sociedad Americana de Anestesiólogos (ASA)

Con consentimiento informado

### *Criterios de no-inclusión*

Historia de padecimientos neurológicos o psiquiátricos

Ingesta actual o reciente de anticonvulsivantes, antidepressivos u otras drogas psicoactivas

Historia de tabaquismo mayor a 10 paquetes año acumulados

Incapacidad para contestar preguntas sobre recuerdo y satisfacción con el procedimiento

Historia de alergia a uno o más de los fármacos de estudio

### *Criterios de exclusión:*

Monitoreo inadecuado; indicado por índice de calidad de señal inferior a 80% en más del 30% del tiempo de monitorización

### *Protocolo de estudio*

A cada paciente después de obtener el consentimiento informado se le monitorizó con BIS a su ingreso a la sala de preanestesia, además se obtuvo una vía venosa y se administraron de .5 a 1 mg. de midazolam. Posteriormente se les trasladó a la sala de operaciones, donde se completó el monitoreo con cardioscopio, presión arterial no invasiva y saturación por oxímetro de pulso. A todos los pacientes se les colocó una manta térmica a base de aire calentado a 34° c. y un catéter nasal que suministraba oxígeno a 3 litros por minuto. A

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

todos los pacientes se les colocó un bloqueo peri-ocular por uno de los dos cirujanos que operaron a todos los pacientes, con 6 ml. de lidocaina simple al 2%. Los valores arrojados por los monitores se anotaron cada 5 minutos, junto con el valor de BIS y una escala de sedación realizada de la siguiente forma:

Nivel de sedación ideal: 0 puntos el paciente permanece sin moverse y sin hablar

Se sumó 1 punto al valor de 0, por cada ocasión que durante el periodo de estudio de 5 minutos el paciente presente alguno de los siguientes eventos adversos

- 1) Movimiento clínicamente apreciable
- 2) Emisión de sonidos

Los pacientes se dividieron en dos grupos de acuerdo al momento en que se les realizó la cirugía: los primeros 10 pacientes formaron el grupo control y los siguientes 10 formaron el grupo experimental. En el grupo control una anestesióloga cegada al nivel de índice bi-espectral (VCE) administró midazolam, propofol y fentanil a dosis decididas por ella, de acuerdo a su práctica usual y parámetros clínicos habituales; mientras que otro investigador (FGQ) registró cada 5 minutos el nivel de BIS, los signos vitales monitorizados y el número de veces que se presentaba durante los 5 minutos previos cualquiera de los eventos adversos previamente definidos.

El método para segar a la anestesióloga al valor de BIS en los primeros casos fue simplemente el girar el monitor de BIS de modo que desde su posición la anestesióloga no pudiera ver la pantalla del mismo.

Al terminar la cirugía se pidió al paciente señalar en una hoja estándar de escala visual análoga (EVA); El grado de dolor que había sufrido durante la cirugía siendo un extremo la ausencia de dolor y el otro el peor dolor imaginable; para el cirujano se evaluó del mismo modo el grado de satisfacción con la sedación suministrada para el procedimiento quirúrgico, siendo un extremo la mejor y el otro la peor sedación imaginable; posterior a que el sujeto señalara un punto se dio la

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

vuelta a la hoja y se anotó el valor en centímetros correspondiente. Esta indagatoria la realizó un investigador que no había participado en el manejo anestésico, para evitar sesgo.

El cirujano expreso su opinión sobre la sedación en un sentido positivo (10 mejor sedación) y este valor se convirtió en una escala negativa (0 mejor sedación) para facilitar el manejo estadístico

(Tabla 1 escalas de evaluación)

Escala	Mejor Puntaje	Peor Puntaje
Sedación	0	10
Dolor del Paciente	0	10
Satisfacción del Cirujano	0	10

**Posterior a la realización de los primeros casos** se identifico por medio del análisis de regresión múltiple el nivel de índice bi-espectral que mejor se correlacionaba con ausencia de eventos adversos y de de-saturación (91.398). Este valor se ajustó a 90 y se usó como meta en el segundo grupo de pacientes en los que el monitor de índice bi-espectral se usó para guiar la sedación

Finalmente se realizó una comparación entre los dos grupos para determinar si el uso del monitor de índice bi-espectral permite mejorar la calidad de la sedación para cirugía oftalmológica realizada con anestesia local.

*Periodo de estudio*

El estudio se realizó de Noviembre del 2000 a Mayo del 2002

*Intervenciones*

En el primer grupo no se realizó ninguna, en el segundo grupo la intervención consistió en administrar los medicamentos necesarios (principalmente propofol) para mantener el valor de BIS lo mas cercano posible a 90

*Variables*

Grupo control

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

Variable independiente: Valor de BIS

Variables dependientes: Escala de sedación, satisfacción del paciente y satisfacción del cirujano

Comparación entre grupo control y grupo experimental

Variables independientes: Escala de sedación, dosis de fármacos

Variables dependientes: valor de BIS, satisfacción del paciente y satisfacción del cirujano

*Análisis de resultados*

Se utilizó la prueba T de Student para la comparación entre los grupos respecto a las variables cuantitativas, y la Chi cuadrada para las variables nominales, se utilizó la prueba de Levene para evaluar la equidad de la varianza entre los grupos, se utilizó la regresión múltiple multi-variada y coeficientes de correlación para identificar la correlación entre las variables y el valor de BIS a lograr en el grupo experimental. El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa SPSS (SPSS for windows, 11.00 (19 sept. 2001), Lead Technologies)

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

### RESULTADOS

Se incluyeron 20 pacientes, 13 mujeres y 7 hombres, con un promedio de edad de 68.1±14.5 años los primeros 10 formaron el primer grupo y los restantes el segundo. No hubo diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos respecto a edad, proporción hombre/mujer, el peso, la duración de la cirugía y el estado funcional entre los dos grupos. (Tabla 2)

Variable	Grupo 1	Grupo 2	P
Edad (años)	68.6±16.88	67.5±12.1	0.880
Peso (kg.)	69.4±14.91	69.9±16.34	0.942
Porcentaje de hombres	40%	30%	0.876
Duración de cirugía (min.)	79.37±30.19	70.62±19.71	0.612
Porcentaje ASA II	80%	70%	0.875

*Tabla 2, características básicas de los pacientes*

*Para las variables cuantitativas se utilizó T de Student, para las variables nominales se utilizó Chi cuadrada*

Como la cirugía mas corta duró 45 minutos, se incluyó en el análisis estadístico los primeros 45 minutos de cada cirugía, tomando en cuenta que las mediciones de signos vitales, sedación y BIS se tomaban cada 5 minutos, esto de un total de 9 mediciones para cada paciente, después de eliminar las mediciones con artefactos o con datos incompletos se incluyeron 83 mediciones en el grupo control y 88 en el grupo experimental. Se utilizaron los primeros 10 pacientes como grupo control, para identificar el nivel de BIS que mejor correlacionaba con una sedación sin eventos adversos y mejor satisfacción del paciente y el cirujano.

Guadarrama F  
 SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
 PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

Las medidas descriptivas en el grupo I para las variables se presentan en la tabla 3

	Media	Desviación Estándar	N
Valor de BIS	91.98	7.508	83
Escala de sedación	.34	.737	83
Dolor del paciente	1.78	2.846	83
Satisfacción de cirujano	.83	1.177	83

*Tabla 3 Medidas descriptivas del grupo I*

Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre la variable dependiente BIS y cada una de las independientes. El objetivo fundamental de este estudio fue determinar el nivel de BIS que proporcione mejores condiciones quirúrgicas y sea más segura y satisfactoria para el paciente. Para este fin se utilizó la técnica de regresión múltiple, utilizando como variable dependiente el valor de bis y como variables independientes la escala de sedación, el dolor referido por el paciente y la satisfacción del cirujano; Estas variables fueron significativas en el modelo para explicar la variabilidad de BIS. El modelo de regresión múltiple se muestra en la tabla 4

Guadarrama F  
**SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
 PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA**

		Valor de BIS	Escala de sedación	Dolor del paciente	Satisfacción de cirujano
Correlación de Pearson	valor de BIS	1.000	.213	.194	-.082
	Sedación	.213	1.000	.239	.362
	dolor del paciente	.194	.239	1.000	.371
	satisfacción del cirujano	-.082	.362	.371	1.000
Sig. (1-cola)	valor de BIS		.027	.039	.231
	escala de sedación	.027		.015	.000
	dolor del paciente	.039	.015		.000
	Satisfacción de cirujano	.231	.000	.000	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

*Tabla 4, modelo de regresión múltiple*

El valor de BIS tuvo una correlación significativa aunque baja con la escala de sedación y con el dolor del paciente, no existió correlación entre el valor de BIS y la satisfacción del cirujano. Las mejores correlaciones fueron entre la escala de sedación y la satisfacción del cirujano y entre esta y el dolor del paciente.

Para identificar el nivel de BIS que correlacionara con una sedación adecuada con máxima satisfacción del cirujano y mínimo dolor del paciente se utilizó la siguiente ecuación

$$\text{BIS} = \text{Constante} + (\text{sedación}) + (\text{satisfacción del cirujano}) + (\text{dolor del paciente})$$

La constante de BIS se obtuvo a partir del modelo de correlación lineal múltiple y fue de 91.398; tanto la sedación como la satisfacción del paciente y el dolor del cirujano tenían su mejor calificación en 0, por lo que la ecuación queda de la siguiente manera:

$$\text{BIS} = 91.398 + (0) + (0) + (0) \quad \text{BIS} = 91.398$$

Por comodidad se decidió ajustar este valor a 90 y ese punto fue la meta en el segundo grupo de pacientes. La sedación administrada en ambos grupos fue con Midazolam y Fentanil en dosis únicas y bolos de propofol a dosis respuesta, con dosis

Guadarrama F

SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

promedio de: 23.3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . , 1.03  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Y 810  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . (En bolos de 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .)Respectivamente

El grupo control tuvo un valor promedio de índice bi-espectral de 92.34 mientras que el grupo experimental tuvo un valor promedio de 86.95, con diferencia estadísticamente significativa, también se encontró diferencia entre los grupos con respecto a la calidad de la sedación (.34 vs.07) con 16 eventos de movimiento o emisión de sonidos en los 10 pacientes del grupo control y 6 episodios de movimiento o emisión de sonido en el grupo experimental, también se encontró diferencia

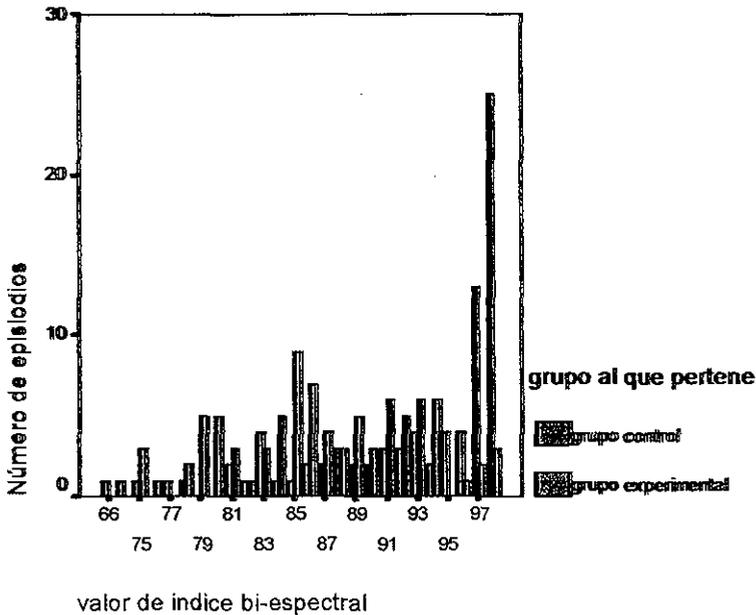
	Grupo	Media	Desviación Standard	P
Bis	Control	92.34	7.09	.000
	Experimental	86.95	5.84	
Sedación	Control	.34	.73	.001
	Experimental	.07	.25	
Spo2 mínima	Control	97.70	1.84	.030
	Experimental	97.09	1.79	
Propofol	Grupo control	.51	.59	.000
	Experimental	1.02	.89	
Fentanil	Control	.94	.28	.000
	Experimental	1.18	.29	
Midazolam	Control	17.79	15.69	.000
	Experimental	32.98	13.15	
Dolor	Control	1.78	2.84	.000
	Experimental	.00	.000	
Sat. De cirujano	Control	.83	1.177	.473
	Experimental	.72	.909	

TESIS CON  
FECHA DE ORIGEN

Tabla 5 comparación entre los dos grupos

Guadarrama F  
 SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
 PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

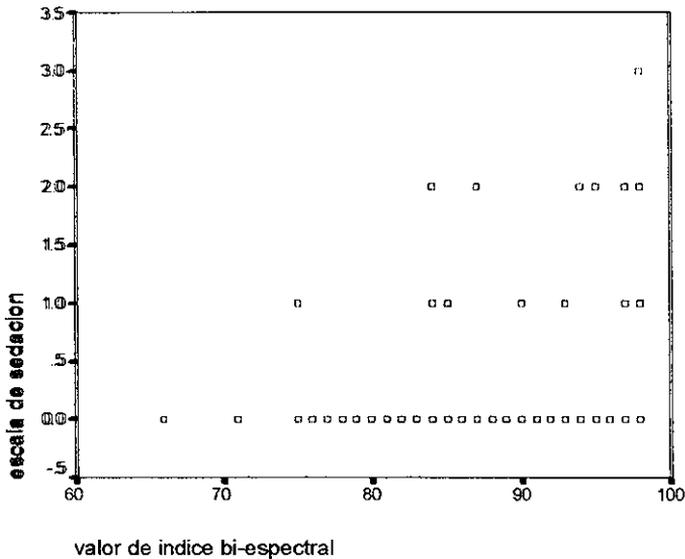
estadísticamente significativa entre los dos grupos en las dosis de los tres fármacos estudiados (el propofol se reporta en mg. por Kg., el fentanil y midazolam se reportan en microgramos por kilo) y el dolor reportado por el paciente (0 en el grupo experimental) no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los grupos en la satisfacción del cirujano, aunque si se observo una tendencia a una mayor satisfacción en el grupo experimental.



Grafica 1, numero de determinaciones de BIS por grupo

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

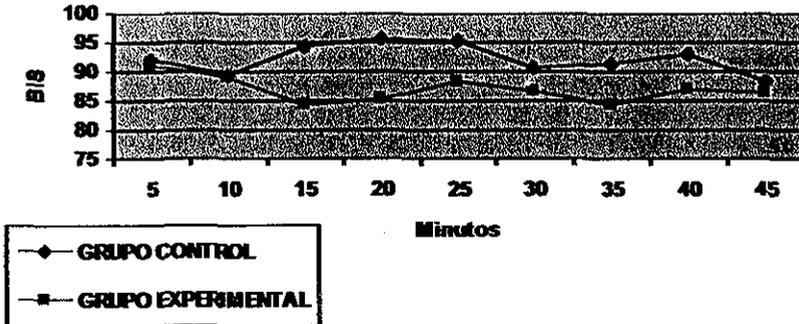


*Gráfica 2 correlación entre el valor de BIS y la escala de sedación (todos los pacientes)*

En la Gráfica 1 se aprecia que aunque existió una considerable sobre posición de valores de BIS entre ambos grupos el grupo control tuvo mayores determinaciones de 93 o más durante las cuales se encontró el mayor número de episodios de movimiento o emisión de sonidos. En la Gráfica 2 se aprecia la correlación entre el valor de BIS y la escala de sedación, los episodios de sedación adecuada se encontraron en un amplia gama de niveles de BIS; lo que hace imposible señalar a un valor dado como el que mejor correlaciona con una sedación adecuada. Sin embargo los episodios de sedación inadecuada se observaron más frecuentemente en valores de bis mayores de 95 o menores de 85, y menos frecuentemente entre estos dos valores; lo que permite sugerir que al mantener el BIS alrededor de 90 evitaremos los episodios de sedación inadecuada

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA



*Grafica 3 comparación de promedios de valores de BIS tomados cada 5 minutos*

La Grafica 3 muestra una comparación entre los valores de BIS de ambos grupos en las mediciones de BIS tomadas cada cinco minutos. Se aprecia como en el grupo experimental se logro mantener un nivel de BIS menor y con menos variación que el grupo control

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### *DISCUSION*

En el presente trabajo se presenta la aplicación del monitor de índice bi-espectral para la monitorización de la sedación en cirugía oftalmológica. De acuerdo a la búsqueda que sobre el tema realizamos en Medline no esta reportado en la literatura ningún trabajo similar. En un estudio publicado en el año 2000 por Bower y colaboradores<sup>1,2</sup> se encontró que un valor de BIS cercano a 82 correspondía a niveles suficientes y adecuados de sedación para endoscopia de tubo digestivo alto. La diferencia entre este valor y el encontrado por nosotros (cercano a 90) en cirugía oftalmológica puede explicarse por la diferencia entre los procedimientos; ya que es de esperarse que la endoscopia produzca mayor incomodidad al paciente que la cirugía oftalmológica realizada con bloqueo peri-ocular por lo que se requiere de una sedación más profunda para el primer procedimiento. Adicionalmente al realizar procedimientos endoscópicos se tiene un mejor acceso a la vía aérea del paciente que en el tipo de procedimientos estudiado por nosotros por lo que es admisible utilizar una sedación más profunda en los estudios endoscópicos. En el estudio referido sobre endoscopia se encontró una mejor correlación (.59) entre el nivel de BIS y la escala de sedación; en este caso la escala de sedación evaluada por observador, que ha sido previamente validada. Una posible explicación para esto es que esta escala requiere de interacción con el paciente por medio de estímulos auditivos y táctiles, mientras que en el presente estudio la interacción con el paciente para evaluar su nivel de sedación hubiera interferido desfavorablemente con la cirugía, por lo que se aplicó una escala de sedación puramente observacional no validada previamente. Suponemos que una valoración de sedación interactiva tiene una mejor correlación con el nivel de BIS que una valoración observacional.

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

Existen algunos problemas metodológicos a considerar en el presente estudio: 1) El tamaño de la muestra; la cual debe crecer en estudios subsiguientes para aumentar el poder estadístico del estudio. 2) el hecho de que el nivel de BIS que se correlacionó con la escala de sedación en un valor instantáneo, mientras que el puntaje de sedación para cada determinación se determinó de acuerdo a todos los episodios de movimiento o sonidos (o la ausencia de estos) en un periodo de cinco minutos; una posible mejora para un trabajo posterior sería tomar en cuenta el promedio de BIS durante el periodo a estudiar.

El valor de BIS sugerido por nuestro estudio como adecuado para el mantenimiento de la sedación en cirugía oftalmológica debe si acaso ser considerado como útil solamente cuando se utilice la misma combinación y dosis de medicamentos y la misma técnica anestésica (midazolam y fentanil inicialmente y posteriormente bolos de propofol) ya que según lo reportado por Mi y coautores<sup>43</sup> niveles comparables de BIS producidos con diferentes agentes no representan la misma profundidad anestésica. Para encontrar el nivel de BIS adecuado para otras técnicas anestésicas o combinaciones de medicamentos en este tipo y otros de procedimientos deben realizarse estudios complementarios.

Es importante señalar que de haberse realizado indagaciones específicas para buscar memoria o conciencia trans-operatoria (awareness) probablemente se habría encontrado recuerdo de la cirugía en un gran porcentaje de los pacientes de ambos grupos ya que se considera que el nivel de BIS que puede con seguridad prevenir la formación de memoria trans-operatoria puede ser tan bajo como 40<sup>44</sup>

### **CONCLUSIONES**

Un nivel de índice bi-espectral cercano a 90 correlaciona con un nivel de sedación adecuado para cirugía oftálmica con bloqueo peri-ocular

El valor de BIS tiene una correlación leve pero significativa con la escala de sedación observacional usada en este estudio. Del mismo modo esta escala correlaciona con el dolor y la satisfacción reportados por el paciente y el cirujano respectivamente al final de la cirugía.

El utilizar el monitor de BIS para conducir la sedación en este tipo de procedimientos originó una mejor calidad de la misma, ya que se presentaron menos eventos de movimiento y emisión de sonidos en el grupo experimental que en el grupo control y se reportó menos dolor del paciente. El grupo experimental también requirió de dosis mayores de los fármacos y se mantuvo en niveles más profundos de sedación, aunque sin efectos adversos como podría haber sido la desaturación de oxígeno medida por la oximetría de pulso.

Por todo lo anterior se puede concluir que el monitor de BIS es un recurso útil para conducir la sedación a base de midazolam, fentanil y propofol en cirugía oftalmológica realizada con bloqueo peri-ocular.

Guadarrama F  
SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL  
PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

**BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- Ausems ME, Hug CC, Stanski DR, Burn AG. Plasma concentrations of alfentanil required to supplement nitrous oxide anesthesia for general surgery. *Anesthesiology* 1986;65:362-73
2. Rosow C. *Titrating hypnosis: the practical application of BIS monitoring*. Natick (MA): Aspect Medical Systems; 1997.
3. Struys M, Versichelen L, Byttebier G, Mortier E, Moerman A, Rolly G. Clinical usefulness of the bispectral index for titrating propofol target effect-site concentration. *Anaesthesia* 1998;53:4-12.
4. Billard V, Plaud B, Boulay G, Bocquet R, Debaene B. Monitoring induction and maintenance of sevoflurane anesthesia by bispectral analysis of EEG: preliminary report *Anesthesiology* 1996;85:A352.
5. Glass PS, Bloom M, Kearse L, Rosow C, Sebel P, Manberg P. Bispectral analysis measures sedation and memory effects of propofol, midazolam, isoflurane, and alfentanil in healthy volunteers. *Anesthesiology* 1997;86:836-47.
6. Billard V, Gambus PL, Chamoun N, Stanski DR, Shafer SL. A comparison of spectral edge, delta power, and bispectral index as EEG measures of alfentanil, propofol, and midazolam drug effect. *Clin Pharmacol Ther* 1997;61:45-58.
7. Kearse LA, Rosow C, Zaslavsky A, Connors P, Dershwitz M, Denman W. Bispectral analysis of the electroencephalogram predicts conscious processing of information during propofol sedation and hypnosis. *Anesthesiology* 1998; 88:25-34.
8. Liu J, Singh H, White PF. Electroencephalogram bispectral analysis predicts the depth of midazolam-induced sedation. *Anesthesiology* 1996;84:64-9.
9. Kalkman, Cor J, Drummond, John C: Monitors of Depth of Anesthesia, Quo Vadis?. *Anesthesiology* 2002 Volume 96(4) 784-787
10. Jonhansen JW, Sebel P S, Development and Clinical Application of Electroencephalographic Bispectrum Monitoring. *Anesthesiology* 2000;93:136-44
11. Ranta SO, Laurila R, Salarjo J, Ali-Melkkila T, Hynymen M, Awareness with recall during general anesthesia: Incidence and risk factors. *Anesth Analg* 1998;86:1084-9
12. Bower AL, Ripepi A, Dilger J, Navdeep B, Brody FJ, Ponsky JL. Bispectral index monitoring of sedation during endoscopy. *Gastrointestinal Endoscopy* 2000, 52(2) 1245-56
13. Plomley F: Operations upon the eye (letter). *Lancet* 1:134, 1847
14. Woodbridge PD: Changing concepts concerning depth of anesthesia. *Anesthesiology* 1957 18:536,
15. Guedel AE: *Inhalational Anesthesia: A Fundamental Guide*. New York, Macmillan, 1937
16. Artusio JF Jr: Di-ethyl ether analgesia: A detailed description of the first stage of ether analgesia in man. *J Pharmacol Exp Ther* 1954 111:343
17. Winterbottom EH: Insufficient Anesthesia (letter). 1950 *Br Med J* 1:247
18. Prys-Roberts C: Anaesthesia: A Practical or impossible construct? (editorial) *Br J Anaesth* 59:1341, 1987.
19. Kissin I: General anesthetic action: An obsolete notion ? *Anesth Analg* 1993,76:215

## Guadarrama F

### SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

20. Robertson HR: Without benefit of anesthesia: George Wilson's amputation and Fanny Burney's mastectomy. *Ann R Coll Physicians Surg Can* 22:27, 1989
21. Holford NHG, Sheiner LB: Understanding the dose-effect relationship: Clinical application pharmacokinetic-pharmacodynamic models. *Clin Pharmacokinet* 6:429,1981.
22. Ausems ME, Hug CC Jr, Stansky DR et al: Plasma concentrations of alfentanil required to supplement nitrous oxide anesthesia for abdominal surgery. *Anesthesiology*, 1986; 65:362
23. Hung OR, Varlel JR , Shafer SL et al: Thiopental pharmacodynamics II. Quantification of clinical and electroencephalographic depth of anesthesia . *Anesthesiology*. 1992;77:237
24. Kasama T, Ikeda K, Morita K: Reduction of fentanyl of the Cp50 values of propofol and hemodynamic
25. Caton R : The electrical currents of the brain (abstract) . *BMJ* 1875 2:278
26. Falcouner A Jr: Correlation of concentrations of ether in arterial blood with electroencephalographic patterns occurring during ether-oxygen and during nitrous oxide, oxygen and ether anesthesia of human surgical patients. *Anesthesiology*. 1952;13:361
27. Rampil IJ: What every Neuroanesthesiologist should know about electroencephalograms and computerized monitors. *Anesthesiol Clin North Am* 1992 10:683
28. Rampil IJ: A primer for EEG signal processing in Anesthesia. *Anesthesiology* 1998. 80:980
29. Sebel PS, Bowles SM, Sani V et al: EEG bispectrum predicts movement during thiopental isoflurane anesthesia. *J Clin Monitor* 1995; 11:83
30. Song D, Joshi JP, White PF: Titration of volatile anesthetics using bispectral index facilitates recovery after ambulatory anesthesia. *Anesthesiology*. 1997. 87:842
31. Clark DL, Rosner BS: Neurophysiologic effects og general anesthetics I. the electroencephalogram and sensory evoked responses in man. *Anesthesiology*. 1973; 38:354
32. Grundy BL. Intraoperative monitoring of sensory-evoked potentials. *Anesthesiology*. 1983. 58:72
33. Tempe DK. In search of a reliable awareness monitor (editorial). *Anesth Analg*. 2001;92(4):801-804
34. Bailey AR, Jones JG. Patient's memories of events during general anaesthesia. *Anaesthesia* 1997; 52:460-76
35. Gajraj Rj, Doi M, Mantzaridis H, Kenny GNC. Comparison of bispectral EEG analysis and auditory evoked potentials for monitoring depth of anesthesia. *Br J Anaesth* 1999;82:672-8
36. American Society of Anesthesiologists: Position on Monitored Anesthesia Care. Directory of Members. Park Ridge, Illinois, American Society of Anesthesiologists, 1997, p413.
37. ADSA: ADSA guidelines for intraoperative monitoring of patients undergoing conscious sedation. *ADSA Newsletter* 1988; 20:2
38. Scamman FL, Klein SL, Choi WW: Conscious sedation for procedures under local or topical anesthesia. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1985; 94:21

Guadarrama F

## SEDACIÓN MONITORIZADA CON ÍNDICE BI-ESPECTRAL PARA CIRUGÍA OFTÁLMICA

39. Ramsay MA, Savege TM, Simpson BR et al: Controlled sedation with alphaxalone-alphadone. *Br Med J* 1974; 2:656
40. Chernik DA, Gillings D, Laine H et al: Validity and reliability of the observer's assessment of alertness/sedation scale: Study with intravenous midazolam. *J Clin Psychopharmacol* 1990;10:244
41. Smith I, Monk TJ, White PF et al: Propofol infusion during regional anesthesia: Sedative, Amnesic and anxiolytic properties. *Anesth Analg.* 1991; 79: 313
42. J, Singh H, White PF. Electroencephalogram bispectral analysis correlates with intraoperative recall and depth of propofol induced sedation. *Anesth Analg* 1997; 84: 185
43. Mi WD, S T, Takahashi S, Matsuki ; Haemodynamic and electroencephalograph Responses to intubation during induction with propofol or propofol/fentanyl. *Can J Anaesth* 1998; 45 (1); 19-22
44. Drummond, J C. Monitoring depth of anesthesia: with emphasis on the application of the bispectral index and the middle latency auditory evoked response to the prevention of recall. *Anesthesiology*; 2000 93(3): 876-882