



Monitoreo anestésico básico

Dr. Gerardo Esteban Álvarez-Reséndiz,* Dr. Guillermo Ochoa-Gaitán,**
Dr. José Gamaliel Velazco-González,*** Dra. Clara Luz Gutiérrez-Porras****
Dr. Enrique Monares-Zepeda*****

* Jefe de Anestesia y Quirófano, Hospital Ángeles Lomas. Prof. Titular del Curso de Anestesiología, UNAM.

** Anestesiólogo, Hospital Ángeles Lomas.

*** Anestesiólogo y Neurointensivista, Hospital Ángeles Lomas.

**** Anestesióloga, Hospital Ángeles Lomas. Prof. Adjunta del Curso de Anestesiología, UNAM.

***** Médico intensivista, Centro Médico ABC.

DEFINICIÓN DE MONITOREO

El término monitoreo no existe en el diccionario de la Real Academia Española; el origen de la palabra se deriva del latín «monere» que significa advertir, recordar o amonestar. El monitor es un aparato que registra imágenes, que en el caso de la anestesiología se refiere a registros de los estándares básicos de monitoreo que tienen como objetivo medir y vigilar la oxigenación, la ventilación, la función cardiovascular, la temperatura, el nivel de relajación muscular y el estado de conciencia del paciente sometido a un procedimiento anestésico quirúrgico. No debe nunca de olvidarse ni restársele valor a la vigilancia directa y constante del anestesiólogo, que siempre con criterio y juicio en relación con la cirugía, el estado del paciente y el registro de los parámetros en el monitor es quien establece las medidas de tratamiento y anestesia del paciente con el objetivo final de mejorar la calidad en la atención del paciente y obtener mejores resultados del padecimiento que se está tratando.

El objetivo de este artículo es destacar los datos más relevantes que proporciona el monitoreo básico que se puede realizar con un aparato de anestesia y un monitor convencionales, con los que contamos en la mayoría de los hospitales. Las medidas básicas pueden ser excedidas en cualquier momento de acuerdo al estado y evolución del paciente, el curso de la cirugía y el juicio del anestesiólogo.

OXIGENACIÓN

En todas las anestesias y durante toda la anestesia se debe medir en forma cuantitativa la oxigenación en sangre con

pulsioximetría. El pulsioxímetro debe de estar graduado en el sistema de alarmas audible en lo que respecta a frecuencia y porcentaje de saturación. Como se verá más adelante, el pulsioxímetro además de proporcionar datos del porcentaje de saturación de oxígeno en sangre, nos puede proporcionar datos indirectos del estado cardiovascular del paciente.

CAPNOMETRÍA Y CAPNOGRAFÍA

El término capnometría se utiliza para definir los valores máximo y mínimo de la concentración de bióxido de carbono (CO_2) durante un ciclo respiratorio, mientras que el término capnografía se refiere al registro gráfico de la eliminación de CO_2 espirado en un ciclo respiratorio.

La capnometría y la capnografía son una medida del metabolismo celular que en anestesia nos permite:

1. Confirmar con la detección de CO_2 la intubación endotraqueal y asegurar que la conexión entre el circuito anestésico y la vía respiratoria esté patente.
 2. Evaluar la ventilación/perfusión pulmonar pues representa un índice cualitativo y cuantitativo de la ventilación y perfusión alveolar.
 3. La observación de los cambios en el valor del CO_2 y en la morfología del capnograma es útil en la detección de alteraciones en el gasto cardíaco, embolismo pulmonar, cambios en la producción o en la eliminación del bióxido de carbono.

Se observan en la misma tres fases: La fase I representa el inicio de la espiración, el gas que primero se espira libre

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medicgraphic.com/rma>

de CO_2 , procedente del espacio muerto anatómico. La fase II consiste en una subida rápida en el trazado debido al aumento de la concentración de CO_2 por la mezcla de gas procedente del espacio muerto anatómico y del procedente de los alvéolos. Por último, la fase III o meseta alveolar es el gas rico en CO_2 procedente totalmente de los alvéolos. En la figura 1 se representa un registro de capnografía normal.

En la capnografía volumétrica que se muestra en la figura 2, a diferencia de la capnografía convencional, en este caso el registro no vuelve a 0 pues se representa una sola ventilación. Además, la capnografía volumétrica nos permite distinguir entre el espacio muerto anatómico y el espacio muerto alveolar. Partiendo de la gráfica de la capnografía volumétrica y siguiendo el método de Fowler trazamos una vertical que a partir del comienzo de la fase II iguale las áreas A y B, de tal modo que el espacio muerto anatómico será el volumen espirado hasta la línea vertical. El espacio muerto fisiológico es calculado con la ecuación de Bohr:

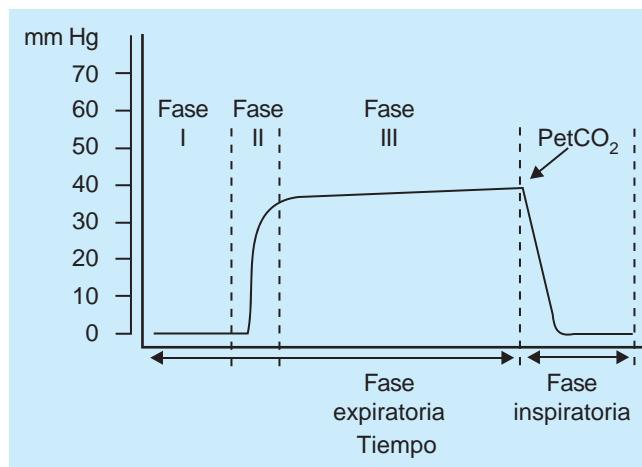


Figura 1. Capnograma.

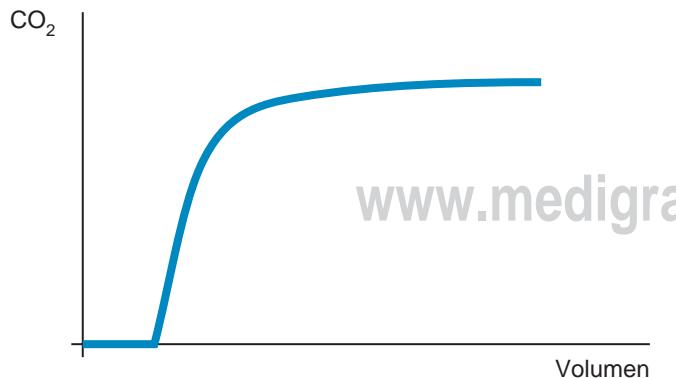


Figura 2. Capnografía volumétrica.

$$\text{VD/VE} = (\text{PaCO}_2 - \text{PECO}_2) / \text{PaCO}_2$$

ESPIROMETRÍA

Los datos espirométricos que proporciona un monitor convencional nos permiten evaluar respiración a respiración la forma de la curva de presión volumen, lo que nos permite identificar rápidamente cambios en la resistencia en la vía aérea o cambios en la compliabilidad pulmonar. También nos permite registrar y evaluar la presión en vías aéreas y el volumen corriente, como podemos ver en la figura 3.

FUNCIÓN CARDIOVASCULAR

Se deben vigilar en forma constante las condiciones cardíacas y hemodinámicas del paciente, tanto desde el punto de vista clínico con la palpación del pulso, el llenado capilar, el registro del electrocardiograma (ECG) continuo, con el objetivo de detectar cambios o alteraciones en el ritmo cardíaco o isquemia miocárdica, así como el monitoreo de la presión arterial sistémica.

ELECTROCARDIOGRAFÍA

En cuanto al registro electrocardiográfico es conveniente comentar que siempre que sea posible se deben registrar las 5 derivaciones; los electrodos deberán ser colocados en forma firme y correcta respecto de su localización, pues en el caso de que se produzcan datos de isquemia miocárdica, se podrá llevar a cabo un diagnóstico más exacto. El ECG proporciona datos acerca de: frecuencia, ritmo, conducción, repolarización y asistolia. También aporta datos de isquemia miocárdica a través del segmento ST; la derivación DII



Figura 3. Fotografía del monitor.

proporciona información de la cara inferior del corazón y territorio irrigado por la arteria coronaria derecha; la derivación V5 permite vigilar la cara anterior que es irrigada por la arteria coronaria izquierda.

PRESIÓN ARTERIAL NO INVASIVA

Es importante considerar que el manguito del baumanómetro debe de estar a la altura del corazón, aproximadamente a nivel del 4º espacio intercostal en un paciente en plano horizontal. Si el manguito está por debajo de este nivel, la presión registrará una presión arterial mayor, y al contrario, cuando esté por arriba del nivel del corazón censará una presión arterial menor a la real.

La vigilancia de la presión arterial se puede llevar a cabo con la medición no invasiva cada cinco minutos. Es conveniente señalar que en el registro de la presión arterial se debe considerar el uso adecuado del manguito para la toma de la presión arterial en cuanto al tamaño de acuerdo a las características del paciente.

En cuanto a la localización del manguito con relación a la altura del sitio en que se encuentra el corazón, es de importancia señalar que en pacientes en posición sentada o si éste es colocado en cualquier área quirúrgica que se encuentre por arriba del corazón, existirá un gradiente hidrostático de 0.77 Torr menos de presión por cada centímetro que haya de distancia entre el corazón y el área quirúrgica.

El monitoreo hemodinámico también se puede llevar a cabo a través del registro de la pletismografía. El análisis de la amplitud de la forma de la onda pletismográfica y de la variabilidad del índice de la curva de pletismografía durante la ventilación mecánica nos permite inferir datos de interés relacionados con el estado cardiovascular y hemodinámico del paciente.

A través de este análisis se puede evaluar frecuencia, ritmo y contractilidad cardíaca, así como volumen latido y estado hemodinámico.

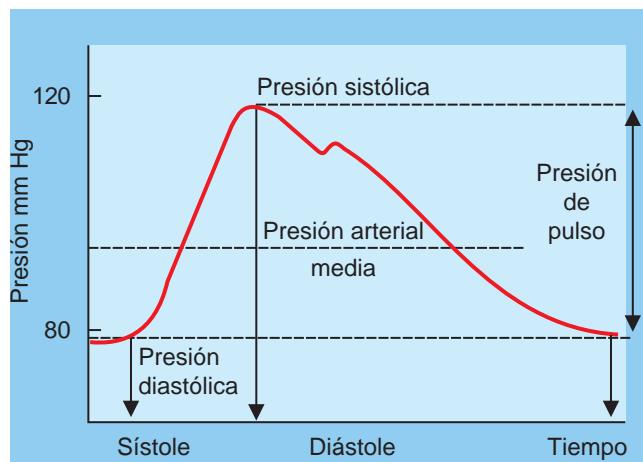


Figura 4. Onda de pletismografía.

En la figura de la izquierda de la figura 4 podemos observar en las fases de la curva de pletismografía los momentos que representan la presión arterial sistólica, la presión arterial diastólica, la presión arterial media y la presión arterial de pulso.

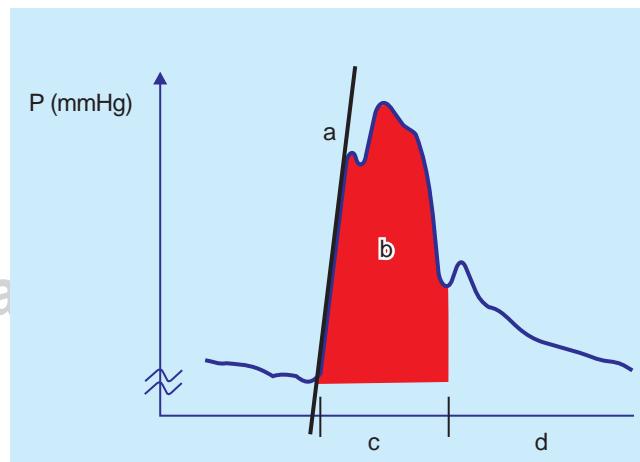
En la figura de la derecha de la figura 4 podemos observar que la pendiente de la línea a representa la velocidad de aumento de la presión (contractilidad cardíaca), la b representa el volumen por latido, que es el área bajo la curva de la pletismografía; también se puede observar la hendidura y la onda dicrota que son una expresión del rebote elástico arterial; c es el tiempo sistólico y d es el tiempo diastólico.

En la figura 5 podemos observar, con el registro, la variabilidad de la presión del pulso en pacientes ventilados mecánicamente, lo cual se puede observar directamente en un monitor de un aparato de anestesia comúnmente utilizado, lo que nos permite inferir la necesidad de administración de líquidos a un paciente. En la actualidad existen monitores que proporcionan datos numéricos del estado cardiovascular de pacientes con ventilación mecánica, considerado como índice de variabilidad del pulso.

TEMPERATURA

Todo paciente durante la anestesia debe ser monitoreado en forma sistemática con el registro de la temperatura, lo que permite mantenerlo en la temperatura que se desee; con esto se pueden detectar a tiempo alteraciones térmicas de hipotermia o hipertermia no intencionadas, y manejar adecuadamente a aquellos pacientes en los que se induce una hipotermia terapéutica.

Se considera que un paciente está hipotérmico cuando su temperatura central es menor de 35 °C. La hipotermia disminuye el metabolismo, disminuyendo el consumo de oxígeno (O₂) un 7-9% por cada grado que disminuye la temperatura.



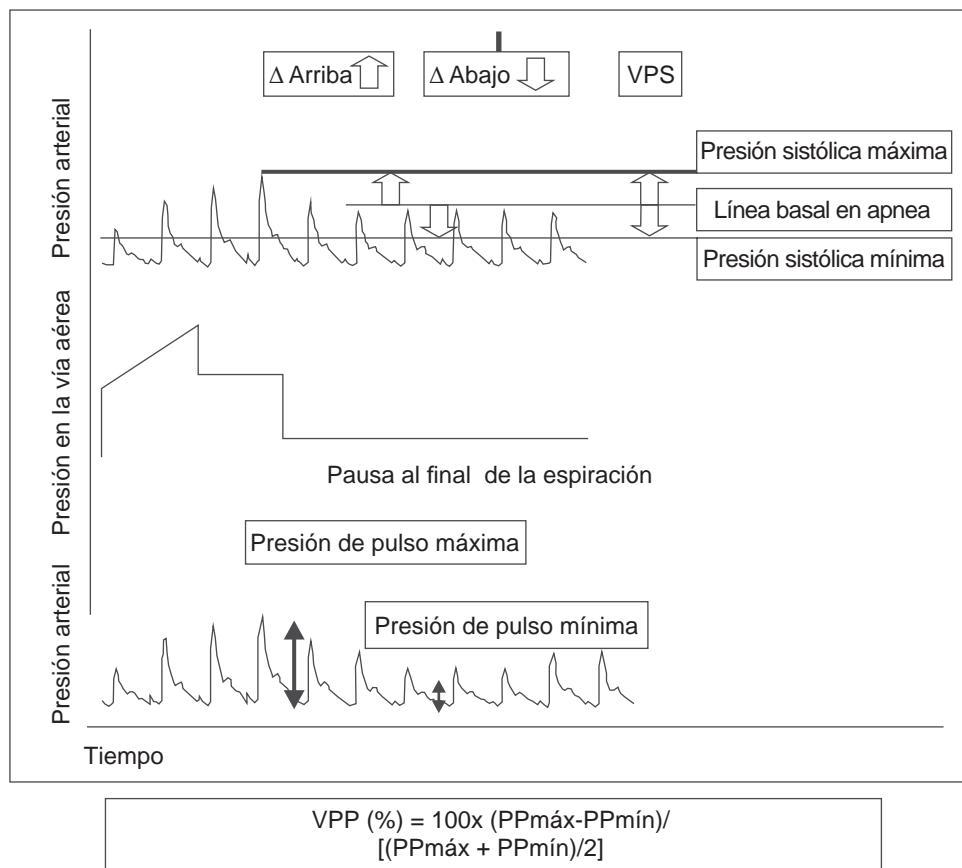


Figura 5.

Registro de variabilidad de la presión de pulso.

La hipotermia y la alcalosis desvían la curva de dissociación de la hemoglobina (Hb) hacia la izquierda, lo que ocasiona disminución en la disposición de O₂. La hipotermia también disminuye la velocidad de las reacciones enzimáticas relacionadas con la coagulación y la agregación plaquetaria, por lo que aumenta la posibilidad de sangrado transoperatorio; también incrementa la posibilidad de complicaciones de tipo infeccioso, de complicaciones cardiovasculares y mayor tiempo de recuperación anestésica, etcétera.

Es necesario señalar que se ha reportado en pacientes politraumatizados en los que se asocia anemia con hipotermia, la presencia de midriasis bilateral, que no corresponde a daño cerebral.

RELAJACIÓN MUSCULAR

Siempre que se utilicen bloqueadores neuromusculares y sea posible, se debe monitorear el nivel de relajación muscular. Se ha reportado mayor incidencia de nivel de hipnosis insuficiente durante la anestesia en pacientes con efecto de bloqueadores neuromusculares así como mayor frecuencia en complicaciones respiratorias en el postoperatorio inmediato por efectos residuales de bloqueadores neuromusculares durante el transoperatorio sin el registro o monitoreo del efecto de relajación muscular.

ESTADO DE CONSCIENCIA

Análisis biespectral (BIS) y entropía

El índice biespectral o BIS y la entropía nos permiten medir en forma objetiva la profundidad de la hipnosis y el «estado de conciencia o percepción del medio ambiente por el paciente», y de este modo, utilizar una concentración de anestésicos más adecuada a las necesidades de la cirugía y requerimientos de hipnosis del paciente.

La definición o concepto de «estado de conciencia» es motivo de debate; sin embargo, se puede afirmar que hay dos dimensiones clave: el estado de vigilia y la percepción del medio ambiente. Estas dos dimensiones son separables, pues se puede estar en estado de vigilia y sin embargo en el mismo tiempo un paciente puede no percibir su medio ambiente. Desde el punto de vista anestésico, está íntimamente ligado al estado de hipnosis y a la capacidad del paciente de recordar hechos que suceden durante su anestesia y cirugía. El electroencefalograma (EEG) ha sido el estándar de oro para monitorear la profundidad anestésica. En la actualidad del EEG procesado con el BIS y la entropía, un anestesiólogo usando su juicio clínico y conocimientos sobre EEG puede

determinar en forma adecuada el estado y profundidad de la hipnosis con un estado óptimo de anestesia e inconsciencia en el paciente que se somete a un procedimiento quirúrgico. El BIS y la entropía digitalizan la señal electroencefalográfica, obteniéndose valores numéricos entre 0 (hipnosis y anestesia profundas) y 100 (paciente despierto y consciente); cuando los valores del BIS y la entropía se encuentran entre 40 y 60 se puede inferir que el paciente se encuentra en estado de hipnosis y anestesia adecuados, como puede observarse en la figura 6.

Para hacer una interpretación adecuada del estado de hipnosis es necesario conocer el efecto de los diferentes anestésicos sobre el EEG. En la figura 7 es evidente el efecto de actividad sincrónica que producen las benzodiacepinas.

DIURESIS

Gasto urinario: Debe ser un monitoreo de rutina como indicador de perfusión de órganos, hemólisis mioglobinuria en

destrucción musculoesquelética, hemoglobinuria posterior a transfusión sanguínea en caso de incompatibilidad sanguínea. En los pacientes politraumatizados una causa común de insuficiencia renal aguda es la hipovolemia y el choque hipovolémico. La falla renal aguda ocurre en el 1% de los pacientes sometidos a cirugía no cardíaca. El anestesiólogo debe mantener un gasto urinario transanestésico de por lo menos 0.5-1 mL/kg/hora.

CASO CLÍNICO

Se trata de un paciente femenino de 41 años de edad, fue programada para resección quirúrgica de meningioma parietal derecho. No tiene antecedentes de importancia para la anestesia y cirugía; el diagnóstico se realizó por resonancia magnética de cráneo, la cual fue realizada por dolor de cabeza.

Paciente con Glasgow de 15, ASA IEB, Mallampati 1. En la exploración, desde el punto de vista cardiovascular y respiratorio, la paciente presentó signos normales. Se indica midazolam 7.5 mg oral 1 hora antes del procedimiento, y se instala catéter venoso central confirmándose radiológicamente en la porción alta de la aurícula derecha. La paciente ingresa a quirófano con Ramsay 3, TA 120/70, FC 60x, SpO₂ 93% ambiente, FR 16x, PVC de 7, temperatura 36.6 °C. Se coloca monitor BIS 90; se lleva a cabo espirometría y capnografía.

Inducción, se administra oxígeno por mascarilla facial al 100%, atropina 500 ug, FC 90x posterior a la administración de atropina, midazolam 15 mg, tiopental 500 mg en dosis fraccionadas y en un período de 20 minutos, fentanyl en infusión 10 ug/Kg/h, 8 mg de bromuro de pancuronio después de 20 minutos de ventilación y con una FFE_{CO₂} de 16, se intuba con sonda tipo Sanders 7.5 con guía, al primer intento con hoja 3 McKoy, se corrobora situación correcta de la sonda con capnografía y auscultación pulmonar. La paciente se coloca en decúbito lateral izquierdo y se vuelve a corroborar colocación de sonda endotraqueal; se instala sábana térmica. Se disminuye infusión de fentanyl 2 ug/kg/h.

La paciente cursa hemodinámicamente estable TA 110/60 Torr, FC 70x, SpO₂ 99%, EtCO₂ 22 Torr, BIS 40-50, bajo ventilación mecánica con mezcla de gas FiO₂ 75%. En el momento en que se retira el hueso de la craneotomía, previa apertura de duramadre, la paciente inicia con disminución de la capnometría y aplanamiento de la capnografía, llegando hasta 6 Torr, con aumento en la frecuencia cardíaca 120x, PVC de 8, disminución en la cifras tensionales llegando a no ser registrada, disminución de BIS hasta 6 con registro de trazo electroencefalográfico, así como disminución en la saturación arterial y aplanamiento de plethysmografía hasta la ausencia de la onda de pulso y saturación, manteniéndose trazo EKG en 155 por minuto. El neurocirujano comenta que el cerebro late, y no hay evidencia de edema cerebral; se sospecha embolia áerea, se coloca la cabeza por debajo del plano del corazón,

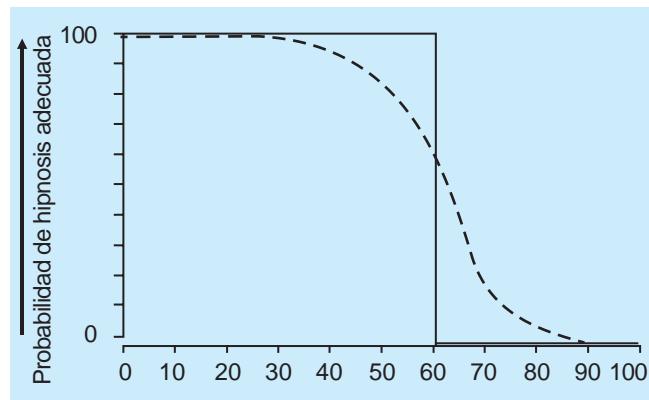


Figura 6. Esquema del índice depectral y estado de hipnosis.



Figura 7. Fotografía de registro de BIS y efecto de benzodiacepina.

suspendiéndose administración de isofluorano. Se inicia infusión de sangre y líquidos así como soporte con norepinefrina a 5, 10 y hasta 20 ug/kg/minuto, se trata de aspirar por catéter central obteniéndose sangre con escasa cantidad de aire. Se centra el tratamiento en el soporte hemodinámico así como la aplicación de cera en el hueso de la craneotomía, mejorando cifras tensionales TA 80/40, 100/60, 120/70, manteniéndose FC 120, capnometría 6, 15, 20, 25; detectándose nuevamente pletismografía y mejorando SpO₂ 95%, O₂ 100%, y BIS 10-50; se toman gasometrías disminuyéndose la administración de norepinefrina hasta suspenderla completamente, vigilando respuesta de paciente; el procedimiento quirúrgico continúa sin más incidentes. La paciente es trasladada a la Unidad de Cuidados Intensivos hemodinámicamente estable, con efecto de sedación Ramsay 5, pupilas isocóricas, TA 140/80, FC 130x, SpO₂ 99%, EtCO₂ 25 Torr, BIS 60; el balance de líquidos final fue de -200.

La paciente fue extubada al día siguiente con Glasgow de 15, y fue dada de alta a los 6 días en excelentes condiciones.

COMENTARIO DEL CASO CLÍNICO

La importancia de este caso está relacionada principalmente con la aplicación clínica del juicio del anestesiólogo en relación con los datos obtenidos en el monitoreo y los proporcionados por el neurocirujano. Efectivamente, si solamente se hubiera contado con el registro de la presión arterial, EKG y pulsioximetría en el momento de la embolia aérea, se hubiera presumiblemente hecho el diagnóstico de disociación electromecánica; sin embargo, el contar con el registro de capnografía y del BIS con electroencefalograma, así como con los datos proporcionados por el neurocirujano en relación con que el cerebro latía y no había datos de edema cerebral, permitió decidir en continuar con el tratamiento de la embolia aérea y proseguir con la cirugía.

REFERENCIAS

1. Capítulo 4. Inicio de la exploración física: reconocimiento general y constantes vitales. En: Bickley LS. Bates Guía de la exploración física e historia clínica. 10^a edición. España: Lippincott Williams and Wilkins; 2009. pp. 115,116.
2. Capan LM, Miller SM. Chapter 36. Anesthesia for Trauma and Burn Patient. In: Barash P, Cullen BF, Stoelting R, editors. Clinical anesthesia. 6th edition. USA: Lippincott Williams and Wilkins; 2009. pp. 916-919.
3. Shamir M, Eidelman LA, Floman Y, Kaplan L, Pizov R. Pulse oximetry plethysmographic waveform during changes in blood volume. Br J Anaesth. 1999;82:178-181.
4. Shelley KH. Photoplethysmography: beyond the calculation of arterial oxygen saturation and heart rate. Anesth Analg. 2007;105:S31-S36.
5. Cannesson M, Desebbe O, Rosamel P, Delannoy B, Robin J, Bastien O, Lehot JJ. Pleth variability index to monitor the respiratory variations in the pulse oximeter plethysmographic waveform amplitude and predict fluid responsiveness in the operating theatre. Br J Anaesth. 2008;101:200-206.
6. Alkire MT, Hudetz AG, Tononi G. Consciousness and anesthesia. Science. 2008;322:876-80.
7. Brown EN, Lydic R, Schiff ND. General anesthesia, sleep, and coma. N Engl J Med. 2010;363:2638-50.
8. Mashour GA, Orser BA, Avidan MS. Intraoperative awareness: from neurobiology to clinical practice. Anesthesiology. 2011;114:1218-33.
9. Crosby G, Culley J. Processed Electroencephalogram And Depth Of Anesthesia. Anesthesiology. 2012;116:235-237.