

Diferentes alternativas para ubicar el sensor del monitor BIS® facilitando su empleo en el ámbito militar

Puente Barbas J.A.¹, Navarro Suay R.², Gutiérrez Ortega C.³, Gilsanz Rodríguez F.⁴

Sanidad mil. 2018; 74 (2): 90-96, ISSN: 1887-8571

RESUMEN

El dispositivo BIS® se emplea como monitor de la hipnosis cerebral para incrementar la calidad y seguridad durante la realización de procedimientos anestésicos. Precisa de un sensor que se adhiere a la frente del paciente. En zona de operaciones es frecuente encontrar bajas con trauma craneoencefálico (TCE) donde la ubicación del sensor a nivel frontal es imposible. En este trabajo hemos realizado una revisión narrativa de las publicaciones en PubMed desde el año 2000 referentes a posiciones alternativas a la frontal del sensor BIS®. De las 5 posiciones que se han estudiado en 7 trabajos, la nasal infraorbitaria parece ser la más adecuada.

PALABRAS CLAVE: sensor BIS, índice biespectral, posición alternativa del BIS, neuromonitorización.

Different alternatives to locate the BIS® monitor sensor facilitating its use in the military realm

SUMMARY: BIS® is used as a monitor of brain hypnosis to improve quality and safety during the performance of anesthesiological procedures. It requires a sensor that adheres to the patient's forehead. In the area of operations, it is common to find casualties with craniocerebral trauma (TBI) where the location of the sensor at the frontal level is impossible. In this work we have made a narrative review of the publications referring to alternative locations to the frontal of the BIS® sensor. Of the 5 positions that have been studied in different works, the infraorbital nasal seems to be the most appropriate.

KEYWORDS: BIS sensor, bispectral index, alternative position for the BIS, neuromonitoring.

INTRODUCCIÓN

El sistema de monitorización basado en el índice biespectral (BIS®), es un método no invasivo para medir la profundidad hipnótica de los pacientes. Se fundamenta en un complejo análisis del registro electroencefalográfico obtenido por medio de un sensor que consta de cuatro electrodos que se adhieren a la frente del paciente, en la región fronto-temporal. El empleo del monitor BIS® fue descrito a mediados de la década de los noventa del pasado siglo y desde entonces su uso ha demostrado importantes beneficios: permite un uso más racional de fármacos anestésicos^{1,2}, disminuye el tiempo para la extubación^{1,3,4}, minimiza la incidencia de náuseas y vómitos^{2,5}, reduce la incidencia de despertar intraoperatorio^{6,7,8,9} y puede ser predictor de la mortalidad postoperatoria^{10,11}. Por todos estos motivos hay autores que recomiendan su uso en todos los pacientes sometidos a anestesia general¹². El empleo del BIS® es habitual en las sanidades militares de países occidentales ya que la monitorización de una baja militar en zona de operaciones debe contar al menos, con

los mínimos estándares médicos del territorio nacional, por ello sería aconsejable el empleo del monitor BIS® aun en situaciones que dificultan su colocación (TCE, imposibilidad para retirar casco u otra equipación de cabeza, neurocirugía....).

El funcionamiento del sistema BIS® se mantiene en parte oculto por motivos comerciales, este hecho hace que sea difícil evaluar científicamente la idoneidad del monitor BIS® para fines más allá de aquellos de los que fue diseñado y validado. No obstante, varias ubicaciones alternativas del sensor del BIS® han sido estudiadas en los últimos años para obtener registros BIS fiables en posiciones distintas a la estándar y poder utilizar esta monitorización en situaciones que dificultan la ubicación frontal del sensor: alteraciones craneales, TCE, intervenciones quirúrgicas en región frontal, empleo de otros dispositivos de monitorización en la misma localización....

El objetivo de este artículo es hacer una revisión narrativa de los trabajos publicados sobre disposiciones alternativas del sensor BIS® analizando su grado de concordancia respecto a la disposición frontal estándar.

La búsqueda bibliográfica fue realizada a través de PubMed desde el año 2000 hasta la actualidad incluyéndose las publicaciones más significativas utilizando los siguientes criterios de búsqueda: sensor BIS®, posiciones alternativas, comparación puntuaciones índices BIS®, tanto en inglés como en castellano. Se encontraron un total de 7 artículos relacionados con el tema de estudio, de los cuales no se descartó ninguno para realizar esta revisión.

Posición nasal infraorbitaria

Nelson et al. realizaron un estudio¹³ prospectivo el año 2013 para analizar esta ubicación del sensor BIS®. Y hasta la fecha,

¹ Tcol.Médico.Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Madrid. España. IMIDEF.

² Cte. Médico. Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Madrid. España. IMIDEF.

³ Facultativo Especialista de Área. Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla. Servicio de Medicina Preventiva. Madrid. España. IMIDEF.

⁴ Catedrático. Hospital Universitario "La Paz". Servicio de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. Madrid. España.

Dirección para correspondencia: Alberto Puente Barbas. Servicio de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor del Hospital Central de la Defensa "Gómez Ulla" de Madrid. Glorieta del Ejército nº1. CP: 28047 Madrid. albertopuentebarbas@gmail.com

Recibido: 18 de enero de 2018

Aceptado: 12 de abril de 2018

doi: 10.4321/S1887-85712018000200005



Figura 1. Sensor BIS® en posición estándar y en posición nasal infraorbitaria.

es el trabajo que más mediciones ha comparado. Se emplearon dos monitores BIS VISTA® colocando los sensores BIS Quatro® (Aspect Medical Systems, Newton, MA, EE.UU.) en una posición estándar y en una posición nasal infraorbitaria (Figura 1). Se estudiaron 28 pacientes para cirugía programada que no incluía la cabeza y el cuello, haciendo registros cada minuto para un total de 2567 minutos de mediciones. El montaje infraorbitario se realizó de forma ipsilateral aproximadamente a 2 cm en paralelo y por debajo de la colocación normal recomendada, a través del puente nasal, colocando el electrodo 3 lateral a la cola de la ceja y medial respecto al electrodo 3 de la posición frontal.

Los pacientes fueron sometidos a distintos procedimientos bajo anestesia general (la anestesia no se estandarizó). El monitor BIS VISTA® registró a intervalos de 1 minuto: un valor de BIS, un Índice de calidad de la señal (ICS), y una puntuación de EEG. Los datos fueron descargados del dispositivo BIS tras cada procedimiento para su posterior análisis.

Los valores del BIS (del montaje frontal estándar y del montaje alternativo) se compararon mediante el método estadístico de Bland-Altman y mediante gráficos de dispersión. Se realizó un análisis de los datos en general y para cada paciente individual. También se realizó una evaluación de la correlación utilizando el test de Wilcoxon.

Para determinar si existía algún sesgo en función de la duración del procedimiento se establecieron 2 subgrupos de pacientes (casos con duración menor de 60 minutos y casos con duración mayor de 60 minutos).

Se examinaron los datos “en y alrededor” del umbral terapéutico de 60 por el riesgo de despertar intraoperatorio (DIO) con índice BIS $\geq$ 60. Tomando como referencia la puntuación de montaje frontal estándar se determinó que el sensor nasal podría no detectar el riesgo de DIO en el 2% de los registros con BIS $\geq$ 60.

Los resultados de este estudio determinaron que los valores de BIS en el montaje nasal comparados con el montaje estándar presentan más variabilidad de la idealmente deseada, pero no resulta clínicamente significativo con un error sistemático de la

medida de 2 unidades BIS a favor del sensor nasal. La concordancia entre ambos sensores fue muy buena (82%) con un 95,8% de las medidas dentro de las ± 2 desviaciones estándar (DE) según el método de Bland-Altman (92,8% si en lugar de ± 2 DE empleamos unos márgenes más reducidos de ± 10 unidades BIS). De modo que para casos en los que la disposición BIS estándar pueda interferir con el campo operatorio, una ubicación alternativa del sensor BIS a través del puente nasal y bajo el borde orbitario podría ser utilizada.

El estudio presenta como limitaciones la falta de control por tipo de caso o tipo de anestésico utilizado, o etapa de la anestesia, todo lo cual se ha demostrado que afectan a los valores del BIS¹⁴. Los casos fueron de naturaleza heterogénea con un relativamente pequeño tamaño muestral. Por último, aunque los resultados demuestran un acuerdo apropiado entre las 2 posiciones, no se pudo confirmar si los registros en tiempo real del EEG provenientes de ambas posiciones del sensor eran idénticos, es decir, no se pudo comprobar si ambas posiciones interpretan la misma señal del electroencefalograma.

Un último trabajo¹⁵ (no publicado en el momento actual) que también compara la concordancia entre las posiciones frontal y nasal infraorbitaria del sensor BIS® se ha presentado como póster en el último Congreso Europeo de Anestesia (junio de 2017). Este estudio turco se ha realizado en 62 pacientes ASA I-III sometidos a anestesia tipo TIVA con propofol y remifentanilo para neurocirugía programada. Se recogieron los datos cada 15 minutos obteniendo una correlación del 78% (ICC 0,78 con $p < 0,001$) y se llegó a la conclusión de que la ubicación nasal infraorbitaria del sensor BIS® puede ser una alternativa útil y válida cuando la disposición frontal no está disponible.

Posición occipital

Otro grupo¹⁶ examinó la disposición occipital del sensor, específicamente para casos de neurocirugía, utilizando dos monitores BIS A-1050® Versión 3.3; (Aspect Medical Systems, Newton, MA) y 2 sensores BIS® de 3 electrodos (Aspect Medical Systems Part 186-0100).



Figura 2. Sensor BIS® de 3 electrodos en posición occipital.

El sensor occipital (Figura 2) se colocó de forma que el electrodo 1 quedase a nivel del proceso occipital anterior, el electrodo 2 lateral al electrodo 1, y el electrodo 3 en el área temporal-posterior. Los sensores frontal y occipital se colocaron en el mismo lado de la cabeza, pero indistintamente, tanto a la izquierda como a la derecha.

Se estudiaron 25 pacientes sometidos a anestesia no protocolizada tipo TIVA administrada mediante bombas de infusión TCI (target infusión control) de propofol y fentanilo. Sólo se compararon valores de BIS en el rango de 40 a 60 y los datos fueron recogidos únicamente en varios momentos puntuales: antes de la inducción de la anestesia, después de la inducción, después de la incisión (inicio de la cirugía), y cada 15 minutos después de la incisión.

Se encontró una elevada correlación (96%) entre los registros de ambos sensores utilizando para el análisis estadístico el coeficiente de correlación de Pearson. Hay que tener en cuenta que el coeficiente de correlación mide la relación entre dos variables cuantitativas (es decir, cómo cambia una variable cuando cambia la otra), pero no su grado de acuerdo, por tanto, el concepto de coeficiente de correlación lineal no es sinónimo de concordancia.

Para esta disposición se requiere la ausencia de pelo a nivel occipital.

Posición mandibular

También se ha comparado la posición estándar del sensor BIS con una disposición a través de la mandíbula¹⁷ empleando monitores modelo BIS VISTA® y sensores BIS Quatro® montados en las regiones frontal estándar y mandibular (Figura 3). Los sensores mandibulares se aplicaron del mismo lado de la cara que el sensor frontal, con el círculo 1 en el centro de la mandíbula, el círculo 4 adyacente a la cara lateral del labio, y el círculo 3 en la región temporal del mismo lado.

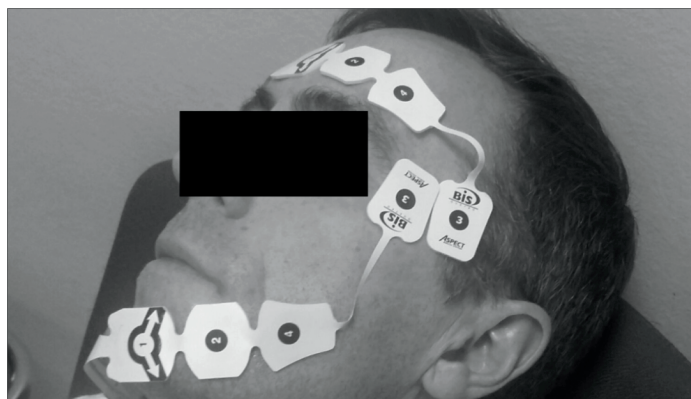


Figura 3. Sensor BIS® en posición estándar y en posición mandibular.

Se recogió una muestra de 58 pacientes programados para diversos procedimientos quirúrgicos que no afectaban a la cabeza o al cuello. Los participantes tenían entre 18 y 75 años de edad y una clasificación según la Sociedad Americana de Anestesiólogos (ASA, American Society of Anesthesiologists) de I o II. Se excluyeron los pacientes con antecedentes de enfermedades del

sistema nervioso central o enfermedad cerebrovascular, los que estuviesen tomando fármacos con actividad a nivel del sistema nervioso central o medicación psiquiátrica, y a los que se les había sometido previamente a neurocirugía. Desde cada monitor BIS, se recogió la puntuación BIS, el índice de calidad de la señal (ICS) y el valor de electromiografía (EMG). Cada uno de estos tres valores se midió antes de la inducción de la anestesia, a la pérdida del reflejo palpebral, después de la intubación, después de la primera incisión quirúrgica, cada 30 minutos durante el intraoperatorio, y al despertar de la anestesia (apertura espontánea de ojos). No se estandarizó el proceso anestésico utilizado. Los datos recogidos se compararon mediante el método de Bland-Altman y mediante gráficos de dispersión.

Los valores de BIS no mostraron una buena correlación entre la posición frontal estándar y la posición mandibular alternativa. Sin embargo, durante el período de mantenimiento de la anestesia existía una buena concordancia (86,7%) y los autores del estudio llegaron a la conclusión de que la posición mandibular podría ser utilizada como una alternativa si la posición frontal estándar no está disponible.

Los registros BIS en posición mandibular tienen como limitación el verse influidos por el aumento de la actividad EMG de los músculos del cuello y del músculo masetero. La actividad electrocardiográfica (ECG) debida a la proximidad a la arteria carótida produciría también artefactos en el índice BIS. Todas estas interferencias causarían una falsa elevación de los valores del BIS en la posición mandibular, con respecto a la posición estándar.

Posición auricular

En un estudio tailandés¹⁸ sobre 34 pacientes programados para neurocirugía se analizó la posición auricular del sensor (Figura 4). Fueron pacientes mayores de 1 año de edad y sin contraindicaciones para la colocación de electrodos en la frente y en la región mastoidea (como encontrarse demasiado cerca del sitio quirúrgico, pacientes con infecciones de la piel, etc.). Se excluye-



Figura 4. Sensor BIS® en posición estándar y en posición auricular.

ron los casos en los que la cirugía era probable que se completará en menos de 30 minutos.

Para la monitorización BIS se empleó la Infinity BISx SmartPod® (Aspect Medical Systems, Newton, MA, EE.UU.) integrada en el monitor de la máquina de anestesia. Los sensores BIS fueron del modelo Quatro® tanto en la posición estándar y como en la auricular.

El primer electrodo del sensor se colocó aproximadamente 2.5 cm medial a la zona mastoidea post-auricular junto a la línea del cabello. El electrodo 2 se coloca en el mismo lado entre el oído y la línea del cabello a nivel de la protuberancia occipital. El electrodo 4 se coloca en la zona mastoidea, y el electrodo 3 se coloca en el mismo lado, a nivel del área temporal, entre el canto lateral y la línea del cabello.

Los registros fueron recogidos en varios momentos (T): después de que el electrodo se conectase inicialmente (T0); antes de la inducción anestésica (T1); en la pérdida del reflejo palpebral (T2); antes de intubar (T3); durante la intubación (T4); inmediatamente después de la intubación (T5); durante la colocación del paciente (T6); antes de la incisión (T 7); en el inicio de la operación (T 8); cada 15 min después de la incisión a lo largo la cirugía (T 9, T 10, T 11, ...); al final de la cirugía (TEO); y al final de la anestesia (TEA). No había ninguna restricción sobre el tipo de fármaco anestésico utilizado, que dependía de las consideraciones individuales de cada anestesiólogo.

En este estudio la diferencia en los valores de BIS obtenidos a partir de la región frontal y región postauricular fue considerada como aceptable (74%). Sin embargo, se encontró una mayor concordancia durante la fase de mantenimiento de la anestesia.

Posición lateral

Se ha comparado también la posición estándar del sensor respecto a una posición lateral¹⁹ utilizando dos monitores BIS (Aspect-2000®, P/N 185-0070, Host Rev. 3.12, Aspect Medical Systems, Newton, MA) y dos sensores BIS de 3 electrodos (sensor BIS PLUS®, NO. 186-0076).

En la posición lateral (Figura 5) se disponen los electrodos de la siguiente manera: electrodo 1 en el proceso cigomático del

hueso temporal derecho, electrodo 2 en la esquina exterior del ojo derecho, y el electrodo 3 justo debajo del electrodo 2 del sensor frontal estándar. Los autores argumentan que la colocación lateral del sensor es una disposición a menudo disponible y cercana de la ubicación estándar en la frente.

Se reclutaron 27 pacientes, ASA I ó II programados para cirugía abdominal electiva y cirugía ortopédica.

Todos los pacientes fueron anestesiados con fentanilo y propofol mediante un sistema de infusión TCI (Bomba TCI TE-371®, Terumo, Japón). Los valores de BIS de cada sensor (BIS-1 y BIS-2, respectivamente) eran grabados en los siguientes estados anestésicos: despierto, pérdida de respuesta a órdenes verbales, infusión de propofol con concentración en la biofase de 3, 4, y 5 µg (microgramos)/mL(mililitro), apertura de los ojos (EO), y después de extubación traqueal. Se registraron los valores de BIS cuando las puntuaciones del índice de calidad de la señal eran máximas. Los datos recogidos se procesaron mediante análisis estadístico Bland-Altman. Los resultados de este estudio sugieren que los valores de BIS obtenidos de un sensor colocado en esta posición son fiables sólo cuando la profundidad de la anestesia es estable (mantenimiento), no durante la inducción y la emergencia de la anestesia.

Otros estudios y límites de acuerdo

Dahaba et al.²⁰, en el año 2010, volvieron a examinar la colocación del sensor en la zona occipital en la misma disposición empleada por Shiraishi et al. en el año 2004 (Figura 2) pero en esta ocasión se emplearon monitores BIS VISTA® y sensores Quatro®. Se estudiaron 20 casos de neurocirugía programada sometidos a anestesia general tipo TIVA no protocolizada. Sólo recogieron datos en 3 momentos puntuales del acto anestésico. La conclusión más relevante de este estudio es que el valor BIS constituye una variable dependiente topográficamente que analiza distintas señales del EEG según la posición del sensor y no se trataría de un registro único que representa la mejor medida global de la actividad electroencefalográfica. Sin embargo, consideraron que el montaje occipital podría ser útil (concordancia del 67,1%, mejor en la fase de mantenimiento anestésico) em-



Figura 5. Sensor BIS® en posición estándar y en posición lateral.



Figura 6. Sensor BIS® en posición estándar y en disposición opuesta.

pleando como límites de acuerdo las ± 10 unidades BIS. Estos límites de acuerdo se han considerado como aceptables desde un punto de vista clínico a raíz del estudio de Niedhart et al.²¹ en el año 2006 y han sido empleados por todos los autores que comparan dos ubicaciones del sensor BIS, excepto lógicamente por Shiraishi (en su estudio de la ubicación occipital) al tratarse de un trabajo anterior al de Niedhart.

Niedhart estudió la concordancia que existía entre las puntuaciones del índice BIS obtenidas mediante dos sensores colocados en la misma posición en paralelo (con ambos sensores a nivel frontal, en el mismo lado y con la misma disposición pero a diferente altura) y opuestos (con ambos sensores a nivel frontal, a derecha e izquierda pero con la misma disposición) (Figura 6).

El estudio se realizó con monitores BISxp® y sensores Quatro® en 12 pacientes. La anestesia no se protocolizó pero los pacientes se seleccionaron. Recogieron registros cada 5 segundos y encontraron una correlación del 80% para los sensores opuestos y del 83% para los sensores en paralelo. En este estudio se observó una correlación del 94% de tomando como diferencia entre ambos registros frontales ± 10 unidades mantenidas durante 30 segundos o menos (el 94% de los registros estaban dentro de las ± 10 unidades). Se aceptó esa diferencia de ± 10 unidades como estadísticamente significativa, pero sin relevancia clínica. Aunque por otro lado, si una lectura precisa de BIS se considera importante, hay que tener en cuenta que hay un 6% de las lecturas que no son coincidentes, son sostenidas (> 30 segundos) y son significativas

Tabla 1. Estudios sobre la posiciones alternativas del sensor BIS® en Anestesiología.

Estudio y localización alternativa del sensor	Nº pacientes	Tipo de cirugía	Recogida de datos	Tipo de anestesia	Tipo de monitor BIS® y sensores	Resultados
SENSOR NASAL Nelson et al. 2013	28	Programada que no incluya cabeza y/o cuello	Cada minuto para un total de 2567 minutos	General no protocolizada	BIS VISTA® con sensores Quatro	Concordancia del 82%, mejor la fase de mantenimiento anestésico
SENSOR AURICULAR Akavipat et al. 2014	34	Neurocirugías de más de 30 min.	En 11 momentos puntuales del acto anestésico y cada 15 minutos tras la incisión. Sólo registros con ics=100	General no protocolizada	INFINITY® BISX® SMART POD® integrado en la máquina de anestesia con sensores Quatro	Concordancia del 74%, mejor la fase de mantenimiento anestésico
SENSOR MANDIBULAR Lee SY et al. 2014	58	Cirugía que no incluyan cabeza y/o cuello	En 5 momentos puntuales del acto anestésico y cada 30 min. en la fase de mantenimiento.	Pac. seleccionados para anestesia general no protocolizada	BIS VISTA® con sensores Quatro	Concordancia del 86,7%, en la fase de mantenimiento anestésico
SENSOR OCCIPITAL Dahaba et al. 2010	20	Neurocirugías	En 3 momentos puntuales del acto anestésico	Pac. seleccionados para anestesia general tipo TIVA (TCI) no protocolizada	BIS VISTA® con sensores Quatro	Concordancia del 67,1%, mejor la fase de mantenimiento anestésico
SENSOR LATERAL Horiuchi et al. 2007	27	Programadas abdominales y traumatológicas	En 7 momentos puntuales del acto anestésico. Sólo registros con ics=100	Pac. seleccionados para anestesia general TIVA (TCI) no protocolizada	BIS ASPECT 2000® con sensores de 3 electrodos	La mayor concordancia es en la fase de mantenimiento anestésico.
SENSOR FRONTAL Niedhart et al. 2006	12	Programada	Cada 5 segundos	Pac. seleccionados para anestesia general no protocolizada	BIS XP® con sensores Quatro	Concordancia del 80% para sensores opuestos y del 83% para sensores en paralelo
SENSOR OCCIPITAL Shiraishi et al. 2004	25	Neurocirugía (clampaje de aneurismas no rotos)	En 3 momentos puntuales del acto anestésico y cada 15 min. Tras la incisión	General tipo TIVA (TCI) no protocolizada	BIS A-1050® con sensores de 3 electrodos	Correlación del 96%*

* Único estudio que empleó el coeficiente de correlación de Pearson en lugar de la prueba de Bland-Altman para comparar los resultados.

(> 10 unidades BIS). Los límites de acuerdo de ± 10 unidades BIS a la hora de comparar los registros obtenidos en dos posiciones distintas del sensor se han tomado como clínicamente válidos aun teniendo en cuenta que los valores del índice BIS pueden estar influenciados por la ubicación del sensor, es decir, se trataría de un valor topográficamente¹⁹ dependiente como ya se ha comentado.

A la hora de establecer comparaciones entre diferentes estudios hemos de tener en cuenta que tanto el posicionamiento del sensor¹⁹ como el empleo de versiones distintas²² del monitor BIS® pueden provocar registros dispares, por tanto lo más correcto es comparar los resultados obtenidos con monitores que emplean el mismo software y las mismas localizaciones del sensor BIS®. Desde un punto de vista estadístico, para comparar los resultados obtenidos entre la posición estándar y la alternativa todos los autores (excepto Shiraishi T et al.) han optado por el Test de Correlación Intraclass para medidas individuales (ICC) junto con la representación gráfica de ambas medidas empleando el método de Bland-Altman (Tabla 1).

Colocar el sensor del dispositivo BIS en una posición alternativa a la estándar en la región frontal, puede tener importantes repercusiones en el medio militar por dos motivos. El primero es que la mayoría de las sanidades militares occidentales cuentan con este dispositivo a la hora de monitorizar a los pacientes y/o heridos. En segundo lugar, por la incidencia de traumatismo craneoencefálico en la baja de combate.

En los últimos años la utilización del monitor de hipnosis cerebral BIS se ha ido generalizando entre las sanidades militares aliadas²³. Las fuerzas armadas estadounidenses han analizado el empleo de dispositivos de monitorización no invasivos en bajas de combate (entre ellos el monitor BIS®), que proporcionen una medición continua y dinámica permitiendo un diagnóstico más precoz del herido^{24, 25}. La experiencia militar británica con el monitor BIS® comenzó en 2004 cuando se empieza a emplear este dispositivo en centros hospitalarios ubicados en Reino Unido. En 2008 se utiliza por primera vez este monitor en el Role 3 de Kandahar (Afganistán)^{26,27,28}. La sanidad militar francesa también dispone de la monitorización BIS en terreno nacional y se prevé su empleo en los escalones quirúrgicos desplegados en el área del Sahel²⁹. Por último, el empleo del monitor BIS® en el cuarto escalón sanitario español comenzó en el año 2010. Desde entonces su utilización por parte de los miembros del Servicio de Anestesiología es habitual. En 2014 fue probado de forma satisfactoria en bajas de combate en el Role 2E español de Herat (Afganistán) y se ha solicitado su inclusión para futuros despliegues en zona de operaciones³⁰.

La incidencia del traumatismo craneoencefálico en la baja de combate de los recientes conflictos de Irak y Afganistán se puede considerar alta. El departamento de defensa de Estados Unidos del año 2000 al 2014 registró que 307.283 militares norteamericanos sufrieron algún tipo de traumatismo craneoencefálico. Concretamente el traumatismo penetrante afectó a 4.538 bajas (1,5%), el traumatismo grave a 3.088 (1%), el moderado a 25.370 (8,3%), el leve 253.350 (84,2%) y no clasificable 20.937 (6,8%)³¹. La experiencia española de bajas en combate con traumatismo craneoencefálico es de 211 heridos del año 2006 al 2014, la mayor parte de ellos por artefacto explosivo improvisado³². Este tipo de heridos presenta una elevada incidencia de lesiones frontales y precisan en muchas ocasiones de procedimientos neuroquirúrgi-

cos con abordaje frontal que pueden dificultar la monitorización con el sensor BIS a ese nivel.

CONCLUSIÓN

El empleo de la monitorización bispectral es aconsejable tanto en bajas atendidas en escalones médicos desplegados en zona de operaciones, como en hospitales en territorio nacional, ya que incrementa el nivel de seguridad durante la realización de procedimientos anestesiológicos.

El monitor BIS® precisa de un sensor que se adhiere a la frente del paciente. En zona de operaciones es frecuente encontrar bajas con trauma craneoencefálico (TCE) donde la ubicación del sensor a nivel frontal es imposible. Para estas situaciones se han estudiado posiciones alternativas a la frontal estándar.

La posición nasal infraorbitaria es la que más se asemeja a la posición estándar, la que presenta una mayor concordancia con ésta y la que está avalada por un estudio estadístico más amplio y de mayor calidad de entre todas las posiciones alternativas que se han estudiado. Además la colocación del sensor BIS en esta posición nasal infraorbitaria no se ve dificultada por la presencia de cuero cabelludo como ocurre en otras localizaciones, aunque exige unas mínimas precauciones para no dañar la zona ocular. En todo caso hacen falta estudios más amplios que confirmen estos resultados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Song D, Joshi GP, White PF. Titration of volatile anesthetics using bispectral index facilitates recovery after ambulatory anesthesia. *Anesthesiology*. 1997; 87(4):842-8.
2. 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.
3. Gan TJ, Glass PS, Windsor A, Payne F, Rosow C, Sebel P, Manberg P. Bispectral index monitoring allows faster emergence and improved recovery from propofol, alfentanil, and nitrous oxide anesthesia. BIS Utility Study Group. *Anesthesiology*. 1997; 87(4):808-15.
4. Johansen JW, Sebel PS, Sigl JC. Clinical impact of hypnotic-titration guidelines based on EEG bispectral index (BIS) monitoring during routine anesthetic care. *J Clin Anesth*. 2000; 12(6):433-43.
5. Gan TJ, Meyer T, Apfel CC, Chung F, Davis PJ, Eubanks S et al. Consensus guidelines for managing postoperative nausea and vomiting. *Anesth Analg*. 2003;97(1):62-71.
6. Myles PS, Leslie K, McNeil J, Forbes A, Chan MT. Bispectral index monitoring to prevent awareness during anaesthesia: the B-Aware randomised controlled trial. *Lancet*. 2004;363(9423):1757-63.
7. Ekman A, Lindholm M-L, Lennmarken C, Sandin R. Reduction in the incidence of awareness using BIS monitoring. *Acta anaesthesiol Scand*. 2004;48(1):20-6.
8. Avidan MS, Zhang L, Burnside BA, Finkel KJ, Searleman AC, Selvidge AC, et al. Anesthesia awareness and the bispectral index. *N Engl J Med*. 2008; 358(11):1097-108.
9. Avidan MS, Palanca BJ, Glick D, et al. Protocol for the BAG-RECALL clinical trial: a prospective, multicenter, randomized, controlled trial to determine whether a bispectral index-guided protocol is superior to an anesthesia gas-guided protocol in reducing intraoperative awareness with explicit recall in high risk surgical patients. *BMC Anesthesiol*. 2009;9:8.
10. Monk TG, Weldon BC. Anesthetic depth is a predictor of mortality: it's time to take the next step. *Anesthesiology*. 2010; 112(5):1070-2.
11. Kertai MD, Palanca BJ, Pal N, Burnside BA, Zhang L, Sadiq F, et al. Bispectral index monitoring, duration of bispectral index below 45, patient risk fac-

- tors, and intermediate-term mortality after noncardiac surgery in the B-Unaware Trial. *Anesthesiology*. 2011;114(3):545-56.
12. Klopman MA, Sebel PS. Cost-effectiveness of bispectral index monitoring. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2011;24(2):177-81.
13. Nelson P, Nelson JA, Chen AJ, Kofke WA. An alternative position for the BIS-Vista montage in frontal approach neurosurgical cases. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2013;25(2):135-42.
14. Dahaba AA. Different conditions that could result in the bispectral index indicating an incorrect hypnotic state. *Anesth Analg*. 2005;101(3):765-73.
15. Hajiyeve K, Meco BC, Ozgural O, Yildirim Guclu C, Yorukoglu D. Comparison of nasal and frontal BIS monitoring in Neurosurgery. Does site of sensor placement effect BIS values?. *Eur J Anaesthesiol*. 2017 Jun;34(e-Supplement 55):160-1.
16. Shiraishi T, Uchino H, Sagara T, Ishii N. A comparison of frontal and occipital bispectral index values obtained during neurosurgical procedures. *Anesth Analg*. 2004;98(6):1773-5.
17. Lee SY, Kim YS, Lim BG, Kim H, Kong MH, Lee IO. Comparison of bispectral index scores from the standard frontal sensor position with those from an alternative mandibular position. *Korean J Anesthesiol*. 2014;66(4): 267-73.
18. Akavipat P, Hungsawanich N, Jansin R. Alternative placement of bispectral index electrode for monitoring depth of anesthesia during neurosurgery. *Acta Med Okayama*. 2014;68(3):151-5.
19. Horiuchi T, Kawaguchi M, Kurita N, Inoue S, Furuya H. The validity of bispectral index values from a dislocated sensor: a comparison with values from a sensor located in the commercially recommended position. *Anesth Analg*. 2007;104(4):857-9.
20. Dahaba AA, Xue JX, Zhao GG, Liu QH, Xu GX, Bornemann H, Rehak PH, Metzler H. BIS-vista occipital montage in patients undergoing neurosurgical procedures during propofol-remifentanyl anesthesia. *Anesthesiology*. 2010;112(3):645-51.
21. Niedhart DJ, Kaiser HA, Jacobsohn E, Hantler CB, Evers AS, Avidan MS. Inpatient reproducibility of the BISxp monitor. *Anesthesiology*. 2006;104(4):242-8.
22. Dahaba AA, Mattweber M, Fuchs A, Zenz W, Rehak PH, List WF, Metzler H. The effect of different stages of neuromuscular block on the bispectral index and the bispectral index-XP under remifentanyl/propofol anesthesia. *Anesth Analg*. 2004;99(3):781-7.
23. Jacob H, Christopher M. Military relevance of total intravenous anesthesia with target controlled infusion. *Total Intravenous anaesthesia and Target Controlled Infusion* Ed Piacevoli, Minto C, Schnider T. SIVA Ed. 2011; pp. 63-6.
24. Beekley A, Johannigman J. Monitoring. En: Martin M, Beekley A. *Front Line Surgery*. Springer Ed. Nueva York. 2011. pp 431-45.
25. Bridges EJ, McNeill MM. Trauma resuscitation and monitoring, military lessons learned. *Crit care Nurs Clin N Am* 2015; 27(2): 199-211.
26. Parkhouse DAFH. What's new in Anaesthetics. *J R Army Med Corps* 2004; 150: 124-33.
27. Lewis S, Jagdish S. Total intravenous anaesthesia for war surgery. *J R Army Med Corps* 156 (4): 301-7.
28. McGuire NM. Monitoring in the field. *Br J Anaesthesia* 2006; 97(1): 46-56.
29. Merat S, Ghano A, Pelletier C, Batjom E, Franck L. Particularités de la réanimation en Opex. Mérat S. *Le blessé de guerre*. Arnette Ed. Paris. 2014. pp 365-373.
30. Navarro R, Tamburri R, Castillejo S, García MA, Bodega I, Sáenz LV, Hernández A. Anesthesiologic and surgical experiences of the Spanish Role 2 Enhanced in Herat, Afghanistan. *J Arch Mil Med* 2015; 3(2): 1-7.
31. Helmick KM, Spells CA, Malik SZ, Davies CA, Marion DW, Hinds SR. Traumatic brain injury in the US military: epidemiology and key clinical and research programs. *Brain Imaging and Behavior* 2015;9(3):358-366.
32. Navarro-Suay R, Rodríguez-Moro C, Hernández-Abadía de Barbará A, López-Soberón E, Tamburri-Bariain R, Puchades-Rincón de Arellano R, González-de Marcos B. Retrospective Study About 211 Combat Casualties With Traumatic Brain Injury by Gunshot or Improvised Explosive Devices Treated in the Spanish Military Hospital Deployed in Herat (Afghanistan) From 2006 to 2014. *J Neurosurg Anesthesiol*; 2016, 28(2S):18.