

INDICE BISPECTRAL COMO INDICADOR DE PROFUNDIDAD ANESTÉSICA CON UNA INFUSIÓN DE GUAIFENESINA, KETAMINA Y XILAZINA A DOS DOSIS DIFERENTES EN CABALLOS

BISPECTRAL INDEX AS AN INDICATOR OF ANESTHETIC DEPTH WITH COMBINED GUAIFENESIN, KETAMINE AND XILAZINE INFUSION AT TWO DIFFERENT DOSES IN HORSES

Verónica Escobar^{1 2} MVZ, Andrés Delgado Est MVZ¹

Recibido el 02 de junio de 2009 y aceptado el 20 de noviembre de 2009

Resumen

Un protocolo anestésico usual para anestesia veterinaria de campo en equinos es aquel conocido como triple goteo, el cual involucra el uso de agonistas alfa 2, anestésicos disociativos y un relajante muscular de acción central. El período anestésico puede ser monitoreado de manera cualitativa basándose en los cambios en las variables fisiológicas del paciente tales como frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y presión arterial media. El índice bispectral (BIS) es un valor numérico derivado del EEG usado clínicamente por anestesiólogos para determinar el grado de depresión del SNC. El propósito de este estudio fue evaluar por medio del BIS, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la presión arterial media, el grado de profundidad anestésica alcanzado en caballos premedicados con Xilazina e inducidos con Ketamina y Diazepam y sometidos a dos concentraciones diferentes de la técnica de anestesia intravenosa total conocida como triple goteo, así como los cambios obtenidos después de la aplicación de un estímulo eléctrico doloroso. Para el grupo que recibió la infusión más concentrada, se obtuvo un valor de BIS de 59,01, mientras que para el grupo que recibió la infusión a menor concentración los valores de BIS estuvieron en 66,66, lo cual indicaría una diferencia estadísticamente significativa del valor del BIS entre los dos grupos de estudio ($p < 0,05$). Asimismo, se determinó que en el tiempo, los cambios en el BIS correspondientes a los minutos en los cuales se aplicó el estímulo doloroso, fueron significativos ($p < 0,05$). Por el contrario, no se encontró ningún cambio estadísticamente significativo en frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria o presión arterial media a lo largo de todo el período anestésico. Estos resultados indicaron una diferencia importante en el grado de depresión del SNC alcanzada con los dos protocolos anestésicos; de igual manera demostraron una respuesta diferente después del estímulo doloroso en cada uno de los grupos de estudio. De igual manera, revelaron que los cambios en las variables fisiológicas no necesariamente se correlacionan con cambios en la depresión del SNC compatible con profundidad anestésica.

Palabras clave

Índice Bispectral, anestesia de campo, estímulo doloroso, depresión del SNC

Abstract

Triple drip is a very common anesthetic protocol used for field anesthesia in horses. It involves the use of alpha 2 agonists, dissociative anesthetics and a central acting muscle relaxant. The anesthetic period can be monitored in a qualitative way based on changes in the patient's physiological variables such as heart rate, respiratory rate and mean blood pressure. The bispectral index (BIS) is a numeric value derived from the electroencephalogram used clinically

¹Grupo de Investigaciones en Ciencias de los Animales (INCA-CES), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES. Medellín, Colombia.

²Candidato Especialización en Anestesiología Veterinaria. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES. Medellín, Colombia.

Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de separatas: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES. Calle 10ª # 22-04. Medellín, Colombia.

E-mail: verescobar@yahoo.com

by anesthesiologists to determine the degree of central nervous system depression. The purpose of this study was to evaluate through BIS, heart rate, respiratory rate and mean blood pressure, the degree of anesthetic depth reached in horses anesthetized with two different concentrations of triple drip, and the changes obtained after an electrical nociceptive stimuli was given. For the group that received the higher concentration of the infusión, the mean BIS value was 59,01. Meanwhile, the group that received the infusion that was less concentrated had a mean BIS value of 66,66. This indicates an statistically significant difference of the BIS values among the two groups of study ($p < 0,05$). The results found in this investigation suggest a statistically significant difference in the BIS values between the two groups of study ($p < 0,05$). Additionally, it was determined that through time, the changes of the BIS correspondent to the nociceptive stimuli were statistically significant ($p < 0,05$). On the contrary, no statistically significant changes were found in heart rate, respiratory rate or mean blood pressure throughout the entire anesthetic period. These results suggest an important difference in the degree of central nervous system depression reached with the two anesthetic protocols; the results also demonstrate there is a different response after de nociceptive stimuli in each one of the study groups. In addition, it is indicated that the changes in the physiological variables are not necessarily correlated with changes in the degree of depth of the central nervous system compatible with anesthetic depth.

Key words

Bispectral Index, field anesthesia, nociceptive stimuli, CNS depression

Introducción

Según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (AIED), el dolor ha sido definido como una experiencia sensitiva o emocional desagradable con daño real o potencial a los tejidos ⁽¹²⁾. El dolor siempre es subjetivo y el componente emocional es difícil de interpretar ya que los animales no comparten el lenguaje verbal con los humanos. En humanos, se acepta el dolor como lo expresa el paciente, pero en las otras especies animales, el dolor es lo que la gente interpreta ⁽¹⁶⁾. La AIED también hace claridad en que la inhabilidad para comunicar el dolor de ninguna manera niega la posibilidad de que un individuo está experimentando dolor y está en necesidad de recibir un tratamiento analgésico adecuado ⁽¹²⁾.

El manejo del dolor transoperatorio ha venido cobrando relevancia en los últimos años ya que es un tema importante que involucra el comportamiento del paciente durante el acto quirúrgico ⁽²⁰⁾, especialmente en aquellos procedimientos que se consideran más dolorosos y traumáticos y cuyas respuestas inflamatorias podrían poner en riesgo su éxito ⁽¹⁷⁾.

Según P. M. Taylor ⁽²²⁾, el manejo del dolor en los equinos ha sido un tema frecuentemente olvidado y sólo recientemente ha sido reconocida la importancia del manejo de la analgesia perioperatoria. Según lo descrito por Perkowski SZ. y Wetmore LA. ⁽¹⁷⁾, el dolor es una experiencia subjetiva que puede ser muy difícil de cuantificar. De hecho, determinar el grado de dolor en el paciente en medicina veterinaria es uno de los problemas más grandes para lograr un manejo adecuado del dolor.

De acuerdo con Taylor ⁽²⁰⁾, incluso en la actualidad hay quienes aseguran que el manejo del dolor en animales es innecesario debido a que el dolor actúa como mecanismo de inmovilización y la analgesia sólo conseguirá que los pacientes le hagan más daño a las regiones afectadas. Como es mencionado por McGuire *et. al.* ⁽¹¹⁾, “El dolor contribuye a una pobre calidad de vida, reducción del bienestar, discapacidad física y mortalidad. Una fuente de dolor incluye los procedimientos quirúrgicos”.

Además, según Taylor ⁽²¹⁾, no hay duda que el dolor contribuye a una recuperación anestésica violenta en donde los pacientes son más susceptibles a lesionarse debido a que están más agitados.

Según lo descrito por Muir, la inmovilidad por ejemplo, retarda la cicatrización ósea y disminuye la función pulmonar. La liberación de catecolaminas causada por estímulos dolorosos está relacionada directamente con el trabajo cardiaco y el consumo de oxígeno, lo cual puede llevar a un estado catabólico aumentando el tiempo requerido para la cicatrización ⁽¹⁴⁾.

Por lo general, sería lógico asumir que si un paciente no se mueve durante un procedimiento quirúrgico, entonces no está experimentando dolor y es poco probable que esté consciente durante la cirugía. Éste sería el caso durante anestesia inhalatoria en la cual el tono muscular aumenta como señal de superficialidad, dificultando la intervención en un plano donde se haya perdido la analgesia ⁽⁵⁾.

Sin embargo, al utilizar relajantes musculares dentro del protocolo anestésico, se deberá contar con herramientas para determinar si la inmovilidad se debe a un grado de inconsciencia y profundidad anestésica adecuadas o si está en función de los efectos del relajante muscular; en cuyo caso, la inhabilidad del paciente para manifestar el dolor no lo exime de estarlo padeciendo.

En medicina veterinaria hay una cantidad respetable de procedimientos quirúrgicos que deben ser realizados en condiciones de campo, sea por restricciones económicas de los propietarios o porque ciertos procedimientos son llevados a cabo de manera rutinaria como intervenciones ambulatorias que no justifican el traslado del animal hacia un centro veterinario.

Para tales fines, el médico veterinario se ve obligado a utilizar diferentes técnicas con el fin de proveer adecuado derribo y sujeción de los pacientes durante la totalidad del procedimiento quirúrgico, para lo cual hace uso de medios físicos y químicos; estos últimos incluyen el uso de diferentes técnicas analgésicas y anestésicas, siempre y cuando estén disponibles.

Uno de los protocolos anestésicos más ampliamente aceptados para anestesia total intravenosa en equinos es aquel que incluye el uso de agentes disociativos (ketamina) y agentes que confieran relajación muscular (benzodazepinas) para la inducción y la administración de infusiones constantes de relajantes musculares de acción central (guayacolato de glicerilo) mezclados con sedantes (xilazina) y disociativos (ketamina) ⁽¹⁵⁾.

Esta técnica es conocida con el nombre de triple goteo e involucra la administración a razón de 2 a 3 ml/kg/hora de una mezcla que contiene 25 g de Guaifenesina en 500 ml de vehículo, más 0,5-1 g de Ketamina, más 250-500 mg de Xilazina.

Según Hubbell J.A. ⁽⁹⁾, Teniendo en cuenta que uno de los componentes de esta mezcla anestésica es precisamente un relajante muscular, queda en duda si la falta de respuesta motora del paciente al estímulo doloroso se deba a una adecuada profundidad anestésica o a un efecto del miorelajante.

Por lo tanto, es lógico considerar que la identificación de indicadores de nocicepción confiables durante anestesia general sería un prerrequisito para la reducción deseada de la nociestimulación ⁽⁷⁾.

De acuerdo con Thurmon *et. al.* ⁽²⁴⁾, las cirugías realizadas bajo anestesia general inducen señales nociceptivas que entran al sistema nervioso central produciendo respuestas de estrés que pueden incrementar la apreciación de dolor postquirúrgico.

La determinación del dolor transquirúrgico y por ende, de la profundidad anestésica, puede llevarse a cabo por observación del comportamiento del paciente y de los cambios en las variables fisiológicas, por mediciones hormonales o por medios más específicos como la medición de las ondas cerebrales como indicador de actividad cerebral en respuesta a estímulos dolorosos durante la anestesia ⁽¹³⁾. Los anestesiólogos deben estar en capacidad de juzgar la profundidad anestésica para lo cual se han hecho muchos estudios para determinar variables confiables y consistentes que indiquen el estado anestésico del paciente ⁽⁴⁾.

Susan M. Millar *et. al.* plantea que el monitoreo de la actividad cerebral puede proveer información mucho más rápida acerca del estrés inducido quirúrgicamente que las respuestas hormonales, debido a que las alteraciones endocrinas no son percibidas tan rápidamente como los cambios en el electroencefalograma ⁽¹³⁾.

Los análisis de las respuestas del sistema nervioso central, podrían ser utilizados para evaluar los regímenes anestésicos para encontrar aquellos que causen el menor estrés posible al SNC durante la cirugía ⁽¹³⁾.

Según Rampil IJ *et. al.*, el electroencefalograma ha sido ampliamente estudiado como una herramienta útil para la monitorización de la profundidad anestésica ⁽¹⁸⁾.

Variaciones en diversas variables del electroencefalograma (ondas alfa, beta, teta o delta) han demostrado ser de utilidad a la hora de evaluar las respuestas cerebrales a estímulos dolorosos ^(3, 13). Debido a que el electroencefalograma arroja cambios importantes durante el estado de hipnosis, los científicos han examinado formas de automatizar el análisis del EEG para crear una medida o índice que represente estos cambios ⁽²³⁾.

El índice bispectral (BIS) es un valor procesado del EEG que monitorea los efectos de algunos anestésicos y otros agentes farmacológicos en el estado hipnótico del cerebro ⁽²³⁾. El BIS es una medida de la profundidad anestésica que cuantifica en una escala de 0 a 100 el grado de coherencia entre las diferentes frecuencias de la señal del electroencefalograma ⁽¹⁹⁾. Los valores

de BIS fueron derivados de extensas investigaciones clínicas en las cuales fueron identificadas las variables del EEG estrechamente relacionadas a aspectos clínicos de diferentes estados cerebrales bajo anestesia general o sedación ⁽¹⁰⁾.

Si las frecuencias bajas están coordinadas con las frecuencias altas, el resultado serán valores de BIS altos que reflejan buena integración cortical lo cual ocurre en el estado consciente. Al aumentar la profundidad anestésica se disminuye esta integración cortical lo cual disminuye el valor del BIS ⁽¹⁹⁾.

Los valores de BIS entre 40 y 60 indican un estado de anestesia adecuado para cirugía, y valores por debajo de 40 indicarían un estado hipnótico profundo. Al lograr valores de BIS entre 40 y 60 se prevendría la consciencia durante la anestesia y se evitaría la sobre o subdosificación anestésica ⁽¹⁾.

Teniendo en cuenta los valores de BIS, se podrá hacer diferencia entre el estado de conciencia y el de anestesia superficial, así como identificar niveles profundos de anestesia ⁽⁸⁾.

Los valores del BIS pueden verse alterados por artefactos tales como aumento del tono muscular (aumentos en la electromiografía). Este aumento en el tono puede estar ligado al uso de Ketamina; asimismo, el uso de relajantes musculares lo disminuiría ⁽²⁾.

En la actualidad existen reportes que indican una relación predictiva entre las concentraciones de anestésicos inhalados y los valores de BIS, en los cuales se encontró que a mayor concentración del agente anestésico al final de la espiración, menor sería el valor de BIS y viceversa ⁽⁶⁾.

El propósito de este estudio fue evaluar la profundidad anestésica lograda con dos protocolos que incluían el uso de Xilazina como premedicación, Ketamina y Diazepam como agentes inductores y una mezcla de Ketamina, Xilazina y Guaifenesina (triple goteo) como agente de mantenimiento mediante la lectura del BIS y otras variables fisiológicas en equinos.

Materiales y métodos

Este estudio contó con la aprobación de la Universidad CES y fue llevado a cabo de acuerdo con lo estipulado según el Artículo 87, Título V de la Resolución N° 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia

Tipo de estudio

Estudio de tipo experimental prospectivo, aleatorio y doble ciego,

Localización

El modelo experimental se llevó a cabo en la Hacienda San Jorge, ubicada en el municipio de Puerto Triunfo (Antioquia), localizado a 150 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 27 °C y una precipitación promedio anual de 2.750 mm de agua; pertenece a la zona de vida de bosque húmedo tropical.

Población

Se incluyeron 16 equinos elegidos al azar, excluyendo del estudio aquellos pacientes con condiciones debilitantes tales como patologías infecciosas o enfermedades neuromusculares, asimismo, a los que se les había realizado neurectomías en cualquiera de sus extremidades; y aquellos que hubieran recibido terapias analgésicas, sedantes, tranquilizantes o relajantes musculares 12 horas antes del estudio. También pacientes seniles o pediátricos (menores de 2 años y mayores de 20 años) y aquellos que presentaran procesos dolorosos crónicos o agudos.

Método: Se hizo asignación de los individuos al azar en 2 grupos. Para los dos grupos, la administración de todos los medicamentos se realizó vía intravenosa. La premedicación fue con Xilazina (0,6 mg/kg) y la inducción fue con Diazepam (0,03 mg/kg) y Ketamina (3 mg/kg). El grupo A incluyó aquellos pacientes que recibieron una infusión intravenosa constante a 3 ml/kg/hora de la mezcla que contiene 25 g de Guaifenesina, 1 g de Ketamina y 500 mg de Xilazina en 500 ml de solvente. El grupo B incluyó aquellos pacientes que recibieron una infusión intravenosa constante a 3 ml/kg/hora de la mezcla que contiene 25 g de Guaifenesina, 500 mg de Ketamina y 250 mg de Xilazina en 500 ml de solvente. Es importante notar que la mayoría de los estudios experimentales y evaluaciones clínicas de técnicas de anestesia intravenosa han sido en cortos periodos de tiempo (menos de una hora) y que periodos mayores de anestesia resultarían en mayor acumulación de los medicamentos, lo cual podría predisponer a la persistencia de los efectos de las drogas y a recuperaciones más prolongadas y con complicaciones ⁽¹⁵⁾.

Con triple goteo, la calidad de la recuperación es generalmente buena si el periodo anestésico es mantenido en menos de 1 hora. El triple goteo no deberá ser utilizado para anestésicos con duración mayor a una hora a no ser que se suplemente con oxígeno y se haga ventilación asistida ⁽⁹⁾.

Al administrar Diazepam junto con Xilazina y Ketamina se logrará una anestesia de corta duración (20 a 25 minutos) (9). Debido a que estos medicamentos fueron utilizados para hacer la inducción anestésica, se consideró prudente esperar 20 minutos para realizar el primer estímulo doloroso con el fin de que los efectos de estos no generaran un factor de confusión al evaluar la mezcla anestésica seleccionada para el mantenimiento (guaifenesina, ketamina, xilazina). Se decidió hacer un segundo estímulo doloroso a los cuarenta minutos desde iniciada la anestesia con el fin de mantener la duración de la misma por debajo de los 60 minutos para evitar complicaciones en la recuperación.

Con base en lo anterior se definió que la duración de la infusión anestésica para cada paciente fuera de 40 minutos. Los datos se recolectaron cada 5 minutos desde el momento en que se instauró el monitoreo completo (aproximadamente a 5 minutos del inicio del triple goteo) hasta el momento de la suspensión de la administración de los fármacos. En los minutos en los que se hizo el estímulo doloroso (minutos 20 y 40), la información fue consignada en 4 ocasiones con intervalo de 15 segundos. Esto con el fin de determinar si hubo cambios en las variables fisiológicas inmediatamente después de aplicado el estímulo.

Los 16 equinos recibieron ayuno de sólidos por 6 horas y de líquidos por 3 horas. Para ambos grupos la premedicación fue con Xilazina a razón de 0,6 mg/kg IV, 5 minutos antes de la inducción.

Una vez premedicados, se preparó el área yugular izquierda para la colocación de un catéter venoso calibre 14" el cual fue fijado con un punto de sutura de nylon. Asimismo se rasuró el área frontal para el posicionamiento del sensor del BIS.

La inducción anestésica se hizo a través del catéter venoso con Diazepam a 0,03 mg/kg IV acompañado de ketamina a 3 mg/kg en jeringas diferentes y con intervalo de aplicación de 30 segundos.

Luego, la anestesia se mantuvo con triple goteo a razón de 3 ml/kg/hora independientemente de la concentración a la que aleatoriamente hubieran sido asignados los individuos.

Los pacientes fueron monitorizados con BIS (BIS Vista, Aspect Medical Systems) para lo cual, al momento de la premedicación, se rasuró una franja de 3 cm de ancho en

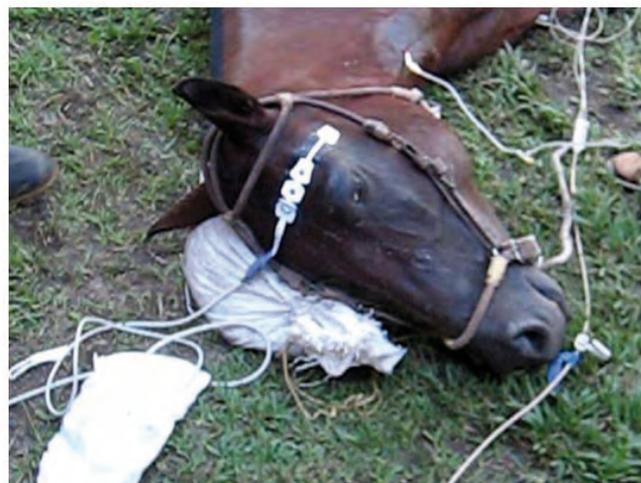
la porción frontal del cráneo desde la línea media hasta la región temporo-mandibular izquierda (ver figura 1).

Figura 1. Depilación área frontal hasta articulación temporomandibular.



Una vez inducida la anestesia se procedió a hacer la colocación del sensor del BIS en el área previamente preparada y limpiada con alcohol. El sensor fue posicionado y sujetado mediante el uso de banda pegante de uso comercial (ver figura 2).

Figura 2. Posicionamiento correcto del sensor del BIS con el área previamente limpiada con alcohol.



Una vez en decúbito, las agujas para los electrodos del electrocardiograma fueron posicionadas en ambos pectorales y en el costado izquierdo a la altura de la base del corazón (ver figura 3). Simultáneamente se situó un catéter calibre 22" en la arteria metatarsiana o en la arteria facial transversa para medición de presión arterial invasiva (ver figura 4). La frecuencia respiratoria fue medida por medio de parámetros visuales.

Figura 3. Localización de electrodos para electrocardiograma en ambos pectorales y en costado izquierdo.



Figura 4. Cateterización de arteria metatarsiana para medición de presión arterial invasiva.



Las mediciones del BIS, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y presión arterial invasiva fueron anotadas cada 5 minutos por 40 minutos desde el inicio del monitoreo anestésico hasta el momento de la suspensión del triple goteo.

En el minuto 20 de iniciado el monitoreo completo, se efectuó un estímulo tetánico mediante neuroestimulador (Braun Mcgaw, Stimuplex DIG). Los electrodos fueron aplicados en a región palmar del miembro no dependiente sobre los nervios digitales (ver figura 5). La descarga, de 100 Hz duró 5 segundos y fue repetida en 4 ocasiones con intervalo de 15 segundos. De manera similar se efectuó electroestimulación al minuto 40, justo antes de suspender la anestesia.

Figura 5. Posición electrodos de electroestimulador en localización anatómica de los nervios palmares de la extremidad no dependiente.



Análisis estadístico

Los datos recogidos de los pacientes fueron analizados por medio de un análisis de varianza (ANOVA multifactorial) para identificar diferencias estadísticas significativas entre las dos infusiones. En caso de que existieran diferencias, se verificó cual es esa diferencia para cada una de las variables mediante una prueba de rangos múltiples: LSD de Fisher (low significance difference). Se identificaron diferencias dentro del mismo grupo así como diferencias de las variables entre los dos grupos.

Resultados

En total fueron 10 machos y 6 hembras con edades promedio de 11.8 y 9.5 años y peso promedio de 343.6 kg y 343.8 kg respectivamente. De los 16 caballos de la muestra, 13 fueron de raza criolla colombiana (9 machos y 4 hembras) y 3 fueron cruces (1 macho y 2 hembras). Un paciente asignado al grupo B tuvo que ser excluido del estudio ya que después del primer estímulo doloroso se superficializó de tal manera que se optó por dejar que se recuperara en lugar de administrar más medicamentos para lograr el plano anestésico nuevamente. Por consiguiente el grupo B contó con 7 muestras a diferencia del grupo A que contó con 8.

El grupo A obtuvo una media en el valor de BIS de 59,01 y el grupo B de 66,66. Los resultados muestran una diferencia estadísticamente significativa de los valores de BIS entre los dos grupos de estudio ($p < 0,05$). Estos valores indicarían que los pacientes sometidos al tratamiento A lograron un nivel de depresión del Sistema Nervioso Central mayor que los del grupo B, lo cual a su

vez podría correlacionarse con un nivel adecuado del plano anestésico (ver tabla 1).

Tabla 1. Comparaciones del valor de BIS entre los grupos A y B durante los diferentes tiempos.

Tratamiento / Tiempo Medición	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Tratamiento A	62,25 ± 12,88 ^a	53,87 ± 16,98 ^a	57 ± 16,56 ^a	56,62 ± 15,60 ^a	62,31 ± 14,66 ^a	63,5 ± 15,52 ^a	59,12 ± 10,16 ^a	56,25 ± 6,69 ^a	56,84 ± 13,75 ^a
Tratamiento B	71,5 ± 13,10 ^{a,b,c}	66,75 ± 11,78 ^{a,b,c}	63,62 ± 12,46 ^{a,b}	64,12 ± 6,10 ^{a,b}	69,64 ± 12,20 ^{b,c}	77 ± 12,01 ^c	67,28 ± 18,93 ^{a,b,c}	60,14 ± 22,48 ^{a,b}	62,75 ± 20,79 ^a

a, b, c: Números con superíndice diferente indican diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$).

Asimismo, se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre los tiempos de medición para el grupo B en cuanto a los valores arrojados por el BIS, pudiendo observar como a lo largo del tiempo, éstos valores son superiores al momento del inicio de la anestesia, así como al momento de la aplicación del estímulo doloroso en el minuto 20 (Ver Tabla 1) . Esta información se puede correlacionar con el hecho de que al inicio del monitoreo, el plano anestésico no es lo suficientemente profundo. Asimismo, cuando se aplica el estímulo doloroso, se activan vías sensoriales que hacen que la actividad eléctrica del cerebro se aumente.

Durante todo el período anestésico, no se encontraron cambios estadísticamente significativos en la frecuencia cardíaca, frecuencia arterial o presión arterial media para ninguno de los dos grupos de estudio (ver tablas 2, 3 ,4).

Tabla 2. Valores de frecuencia cardiaca según grupos de tratamiento durante todos los tiempos de medición.

Tratamiento/Tiempo Medición	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Tratamiento A	41,13 ± 6,13 ^a	40,38 ± 5,80 ^a	39,88 ± 4,97 ^a	39,13 ± 4,94 ^a	40,22 ± 5,93 ^a	39,25 ± 5,31 ^a	38,63 ± 6,23 ^a	38,38 ± 5,29 ^a	39,47 ± 5,10 ^a
Tratamiento B	41,50 ± 7,50 ^a	40,25 ± 5,12 ^a	38,50 ± 3,96 ^a	38,38 ± 4,07 ^a	39,25 ± 8,93 ^a	37,71 ± 4,31 ^a	38,43 ± 4,12 ^a	38,71 ± 3,95 ^a	38,18 ± 3,98 ^a

a: Valores sin diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$).

Tabla 3. Valores de frecuencia respiratoria según grupos de tratamiento durante todos los tiempos de medición.

Tratamiento/Tiempo Medición	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Tratamiento A	11,63 ± 4,37 ^a	14,00 ± 8,43 ^a	13,63 ± 6,57 ^a	14,50 ± 3,51 ^a	13,63 ± 5,86 ^a	14,88 ± 7,16 ^a	17,63 ± 8,90 ^a	16,25 ± 7,03 ^a	15,41 ± 6,85 ^a
Tratamiento B	13,75 ± 5,57 ^a	13,00 ± 7,93 ^a	11,00 ± 7,52 ^a	13,00 ± 7,89 ^a	14,21 ± 8,90 ^a	15,14 ± 10,46 ^a	13,71 ± 8,62 ^a	12,29 ± 8,26 ^a	14,39 ± 8,21 ^a

a: Valores sin diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$).

Tabla 4. Valores de frecuencia respiratoria según grupos de tratamiento durante todos los tiempos de medición.

Tratamiento/Tiempo Medición	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Tratamiento A	93,13 ± 18,14 ^a	90,50 ± 19,78 ^a	91,00 ± 19,14 ^a	90,13 ± 20,62 ^a	95,28 ± 12,10 ^a	98,00 ± 10,99 ^a	90,25 ± 14,94 ^a	90,13 ± 13,94 ^a	90,94 ± 12,54 ^a
Tratamiento B	98,88 ± 10,59 ^a	96,13 ± 10,05 ^a	94,13 ± 9,93 ^a	95,50 ± 7,29 ^a	93,50 ± 11,88 ^a	94,14 ± 12,14 ^a	95,00 ± 12,68 ^a	91,71 ± 12,42 ^a	95,75 ± 21,70 ^a

a: Valores sin diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$).

Discusión

Contrario a lo hallado por Haga HA, Dolvik NI⁽⁷⁾, quien determinó que la PAM era el indicador más sensible de la nocicepción en el caballo, en este estudio el BIS parece ser un indicador más preciso del grado de depresión del Sistema Nervioso Central, ya que los valores obtenidos se correlacionarían adecuadamente con los diferentes periodos anestésicos y con los periodos de estimulación nociceptiva.

En la tabla 1, se encontró una diferencia estadísticamente significativa de los valores de BIS en los grupos de estudio; el grupo A obtuvo una media de BIS de 59,01 mientras la media del grupo B fue de 66,66, lo cual indicaría que con la mezcla administrada a los pacientes del grupo A se estaría logrando un plano hipnótico adecuado según los valores previamente descritos para el BIS.

El hecho de que los pacientes del grupo B hayan mantenido valores de BIS por encima de 60, indica que su estado hipnótico no es profundo y que probablemente no sea un plano adecuado para cirugía, porque aún existe integración cortical de la información. Paradójicamente un paciente del grupo B (hembra, 406 Kg, 17 años) se superficializó de manera abrupta luego de recibir la descarga eléctrica en su miembro anterior izquierdo. Sus datos fueron omitidos del análisis estadístico pero sin duda reflejan una condición importante en cuanto al grado de depresión del sistema nervioso central logrado con la mezcla administrada al grupo B.

A diferencia de lo concluido en el estudio de Haga HA.⁽⁸⁾, en donde no se encontró que los valores del BIS reflejaran la profundidad anestésica a niveles quirúrgicos en cerdos, en este estudio se encontró que la variabilidad del BIS en el tiempo fue significativa

($p < 0,05$) para el grupo B, mostrando cómo los valores más altos se obtuvieron justo momentos después de la inducción anestésica y minutos después del estímulo doloroso aplicado en el minuto 20. Debido a que el valor arrojado por el BIS es un indicativo de grado de depresión del sistema nervioso central, es de esperar que en fases iniciales de la anestesia los valores sean altos, ya que requiere cierto tiempo lograr el grado de hipnosis compatible con un plano anestésico.

De acuerdo con lo descrito por March P.A.⁽¹⁰⁾, el hecho de que en los periodos de nociestimulación hubiera un aumento en los valores del BIS indicaría que ambas técnicas están siendo ineficaces para lograr un plano quirúrgico adecuado.

Según lo encontrado en el estudio, no hubo cambios significativos en frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y presión arterial media a lo largo del periodo anestésico (ver tablas 2, 3, 4). Estas variables fisiológicas son de vital importancia en el monitoreo anestésico y de alguna manera hablan del estatus cardio-respiratorio del paciente. Tradicionalmente es considerado que un cambio abrupto en cualquiera de estas durante el periodo anestésico puede ser indicativo de incorrecto plano anestésico prestándole especial importancia a la presión arterial media en anestesia de equinos.

Al haber encontrado que ninguna de estas sufrió cambios significativos durante la anestesia y, sin embargo, el BIS reportó cambios importantes en cuanto a grado de depresión del sistema nervioso central, queda la incógnita acerca de que si éstas variables fisiológicas, típicamente valoradas en el periodo anestésico, tienen concordancia real y específica con el plano anestésico del paciente.

Conclusiones

La evaluación del plano anestésico mediante el uso del BIS fue de gran utilidad a la hora de implementar diferentes técnicas anestésicas en situaciones de campo. No sólo se demostró su utilidad como herramienta de monitoreo transquirúrgico sino a la hora de evaluar dos protocolos anestésicos que incluían los mismos medicamentos pero a dos concentraciones diferentes.

Mediante el modelo utilizado en este trabajo, en el que se aplicó un estímulo doloroso controlado, sólo uno de los protocolos (grupo A) produjo un grado de depresión del sistema nervioso central satisfactorio y equiparable con el plano anestésico necesario para dar cabida al acto quirúrgico.

De las variables tenidas en cuenta, sólo el BIS indicó un grado de depresión del sistema nervioso central similar al obtenido durante periodos de anestesia general, y aunque la FC, FR y PAM no arrojaron valores

estadísticamente significativos, y se mantuvieron invariables en el tiempo a pesar de la estimulación nociceptiva, su utilidad como parte del monitoreo anestésico es fundamental para lograr una evaluación integral del paciente anestesiado.

Recomendaciones

Sin embargo, se recomiendan más estudios con poblaciones mayores y que sufran trauma quirúrgico terapéutico con el fin de recolectar más información y tratar de buscar correlaciones más precisas entre los cambios de las otras variables fisiológicas y las respuestas a los estímulos nociceptivos.

Agradecimientos

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad CES por su apoyo Económico y logístico, al Centro de Medicina Veterinaria y Zootecnia del CES y a Quirurgil S.A. por su diligencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Avidan MS, Zhang L, Burnside BA, Finkel KJ, Searleman AC *et al.* 2008. Anesthesia Awareness and the Bispectral Index. *The New England Journal of Medicine*; 358 (11): 1097-1108.
2. Dahaba AA. 2005. Different conditions that could result in the bispectral index indicating an incorrect hypnotic state. *Anesthesia and Analgesia*; 101: 765 – 773.
3. Ekström PM, Short CE, Geimer TR. 1993. Electroencephalography of Detomidine-Ketamine-Halotane and Detomidine-Ketamine-Isoflurane Anesthetized Horses During Orthopedic Surgery. A Comparison. *Veterinary Surgery*; 22 (5): 414-418
4. Ferro P, Nunes N, Paula DP, Nishimori CT, Guerrero PN, *et al.* 2008. Bispectral index in dogs at three intravenous infusion rates of propofol. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*; 35 (3): 228 - 231.
5. Forsyth S. 2003. Monitoring the Anesthetized patient. 28th World Congress of the World Small Animal Veterinary Associations. [Acceso: 18 Junio de 2009].<http://www.vin.com/proceedings/Proceedings.plx?CID=WSAVA2003&Category=1017&PID=6680&O=Generic>
6. Greene SA, Benson GJ, Tranquilli WJ, Grimm KA. 2002. Bispectral index in dogs anesthetized with isoflurane: comparison with sevoflurane. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*; 29 (2): 97 – 112.
7. Haga HA, Dolvik NI. 2005. Electroencephalographic and cardiovascular variables as nociceptive indicators in isoflurane-anesthetized horses. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*; 32 (3): 128 - 135.
8. Haga HA, Tevik A, Moerch H. 2008. Bispectral Index as an indicator of anesthetic depth during isoflurane anesthesia in the pig. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*; 26 (1): 3 - 7.
9. Hubbell JA. 1999. Options for field anesthesia in the horse. *American Association of Equine Practitioners proceedings*; 45: 120-121. [Acceso: 18 Junio de 2009].<http://www.ivis.org/proceedings/AAEP/1999/120.pdf>
10. March PA, Muir WW, 2005. Bispectral analysis of the electroencephalogram: a review of its development and use in anesthesia. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*; 32 (5): 241 - 255.
11. McGuire L, Heffner K, Glaser R, Needleman B, Malarkey W, *et al.* 2006. Pain and wound healing in surgical patients. *Annals of Behavioral Medicine*; 31 (2): 165 - 172. [Acceso:18 Junio de 2009]. <http://www.quantumpni.co.za/downloads/PNI-Res2.pdf>
12. Merskey H. y Bogduk N. 1994. *Classification of Chronic Pain*, 2da Ed, Seattle. International Association for the Study of Pain. Task Force on Taxonomy. p 209-214.
13. Miller SM, Short CE, Geimer TR. 1995. Quantitative Encephalographic Evaluation to Determine the Quality of Analgesia During Anesthesia of Horses for Arthroscopic Surgery. *American Journal of Veterinary Residencies*. 56 (3): p 374-379
14. Muir WW, Gaynor JS. 2002. Pain and stress. In: *Handbook of Veterinary Pain Management*. Editorial Mosby. 1ra Ed. Philadelphia; p 46-59.
15. Muir W.W., Yamashita K. 2000. Balanced Anesthesia in horses. *American Association of Equine Practitioners*

proceedings; 46: 98 - 99. [Acceso: 18 Junio de 2009]. <http://www.ivis.org/proceedings/AAEP/2000/98.pdf>

16. Paul-Murphy J. Pain Management. Clinical Avian Medicine. Harrison GJ y Lightfoot TL (Eds). International Veterinary Information Service. Ithaca NY. Última actualización: 29 Enero 2007. A3814.0107. [Acceso: 18 Junio de 2009]. <http://www.ivis.org/advances/harrison/chap8/chapter.asp?LA=1>
17. Perkowski SZ, Wetmore LA. 2006. The science and Art of Analgesia. Recent Advances in Veterinary Anesthesia and Analgesia: Companion Animals. Geed R.D. y Ludders J.W. (Eds). International Veterinary Information Service, Ithaca NY. Última actualización 23 Oct 2006; A1405.1006. [Acceso: 18 Junio 2009] http://www.ivis.org/advances/Anesthesia_Gleed/perkowski/chapter.asp?LA=1
18. Rampil IJ, Matteo RS. 1987. Changes in EEG spectral edge frequency correlate with the haemodynamic response of laryngoscopy and intubation. *Anesthesiology*; 67(1): 139 - 142.
19. Sleight JW, Andrzejowski J, Steyn-Ross A, Steyn-Ross M. 1999. The Bispectral index: a measure of depth of sleep? *Anesthesia and Analgesia*; 88: 659 – 661.
20. Taylor P.M. 2005. Pharmacological Approaches to Pain Management in the Horse. American Association of Equine Practitioners (AAEP), Lexington KY. International Veterinary Information Service. Ithaca NY. Última actualización: 7 Diciembre 2005. P2672.1205. [Acceso: 18 Junio de 2009]. <http://www.ivis.org/proceedings/aaep/2005/taylor/chapter.asp?LA=1>
21. Taylor PM, Clarke KW. 1999. Handbook of equine anesthesia. 2da Ed. Londres: W.B. Saunders; p 128-139.
22. Taylor PM, Pascoe PJ, Mama K. 2002. Diagnosing and treating pain in the horse-where are we today? *Veterinary Clinics of North America [Equine Practice]*; 18 (1): p 1-19.
23. Technology overview: Bispectral Index. Aspect Medical Systems, Inc. 1997. [Acceso: 18 Junio de 2009]. <http://www.aspectmedical.com/patients/bis-monitoring.msp>
24. Thurmon JC, Tranquilli WJ, Benson GJ. 1996. Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia. 3ra Edición. Lippincott Williams and Wilkins. p 40-60.