

# Evaluación de tres protocolos de anestesia balanceada en equinos criollos, en la clínica Francisco de Asís (Soracá-Boyacá)\*

Nelson L. Peña H.<sup>1</sup> / Anastasia Cruz C.<sup>2</sup> / Giovanni Moreno F.<sup>3</sup>

## Resumen

En la anestesia balanceada se asocian medicamentos de diferentes grupos farmacológicos a fin de potenciar los efectos deseados de unos y otros, lo cual se logra con el uso simultáneo de estos a dosis bajas, minimizando los riesgos propios de la anestesia. Existen muchos protocolos evaluados en equinos pero aún quedan otros por valorar. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar tres protocolos de anestesia balanceada en equinos sanos para determinar las características anestésicas logradas con cada uno. Se utilizaron cuatro equinos para probar los tres protocolos propuestos, dejando un periodo de descanso de 30 días entre uno y otro. Los resultados fueron analizados mediante un Anova y la prueba de Kruskal-Wallis para determinar la existencia de diferencias entre tratamientos. Los protocolos evaluados se comportaron de manera similar; las tres fases anestésicas fueron adecuadas en cuanto a calidad y tiempo; los parámetros fisiológicos no se afectaron considerablemente, y la inconsciencia e inmovilidad alcanzadas fueron suficientes lo que sugiere que son adecuados para la realización de procedimientos quirúrgicos de corta duración en equinos.

**Palabras clave:** anestesia multimodal, anestesiología, anestésicos generales.

## Evaluation of Three Balanced Anesthesia Protocols in Horses at the Francisco de Asís (Soracá-Boyacá) Clinic

### Abstract

In balanced anesthesia, drugs from different pharmacological groups are associated in order to enhance the desired effects of some and others, which is achieved by their simultaneous use in low doses, minimizing the risks of anesthesia. There are many protocols evaluated in horses but there are still others to evaluate. Therefore, the purpose of this study was to evaluate three balanced anesthesia protocols in healthy horses in order to determine the anesthetic properties achieved with each. Four horses were used to test the three proposed protocols, leaving a resting period of 30 days between one and another. The results were analyzed by Anova and Kruskal-Wallis test to determine the existence of differences between treatments. The protocols evaluated behaved similarly; the three anesthetic phases were adequate in terms of quality and time; physiological parameters were not significantly affected, and the unconsciousness and immobility achieved were sufficient, which suggests that they are suitable for short duration surgical procedures in horses.

**Keywords:** Multimodal anesthesia, anesthesiology, general anesthetics.

\* Los laboratorios farmacéuticos Holliday, Calier S.A. y California donaron parte de los medicamentos utilizados para el desarrollo de este trabajo.

- 1 MV. Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja, Colombia.  
✉ nelsonphmv@hotmail.com
- 2 MV. Esp, MSc, PhD (c). Docente Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Bogotá Colombia.  
✉ anicata22@hotmail.com;  
✉ anastasia.cruz@uptc.edu.co
- 3 MV. MSc, PhD. Docente Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja, Colombia.  
✉ giov\_anny@hotmail.com

## Avaliação de três protocolos de anestesia balanceada em equinos crioulos, na clínica Francisco de Asís (Soracá-Boyacá)

### Resumo

Na anestesia balanceada se associam medicamentos de diferentes grupos farmacológicos com o objetivo de potenciar os efeitos desejados de uns e de outros, isso se consegue com o uso simultâneo dos mesmos em doses baixas, minimizando os riscos próprios da anestesia. Existem muitos protocolos avaliados em equinos, mas ainda restam outros por avaliar. Por isso, objetivo deste estudo foi avaliar três protocolos de anestesia balanceada em equinos saudáveis para determinar as características anestésicas conseguidas com cada um. Utilizaram-se quatro equinos para testar os três protocolos propostos, deixando um período de descanso de 30 dias entre um e outro. Os resultados foram analisados mediante um Anova e o teste de Kruskal-Wallis para determinar a existência de diferenças entre tratamentos. Os protocolos avaliados se comportaram de maneira similar; as três fases anestésicas foram adequadas no que diz respeito a qualidade e tempo; os parâmetros fisiológicos não foram afetados consideravelmente, e a inconsciência e imobilidade alcançadas foram suficientes o que sugere que são adequados para a realização de procedimentos cirúrgicos de curta duração em equinos.

**Palavras chave:** anestesia multimodal, anestesiologia, anestésicos gerais.

## INTRODUCCIÓN

Los objetivos fundamentales de cualquier proceso anestésico son proveer al paciente un estado de inconsciencia e inmovilización, y preferiblemente de analgesia, así como de una protección neurovegetativa; se busca que sea un procedimiento seguro para el paciente y que al finalizar el evento quirúrgico la recuperación sea rápida (1).

Dentro de los avances de la anestesiología ha surgido el concepto de la anestesia balanceada, equilibrada o multimodal, que más que introducir nuevos fármacos utiliza los ya existentes, de una manera diferente a la tradicional, manteniendo la intención de todo procedimiento anestésico, es decir, lograr un estado de inconsciencia, inmovilidad, analgesia, liberación del estrés y protección neurovegetativa, con recuperación suave y rápida (1,2). Se administran simultáneamente fármacos de diferentes grupos (tranquilizantes, analgésicos,

relajantes musculares y anestésicos generales y locales, entre otros), a bajas dosis, potenciando sus efectos deseados y disminuyendo los efectos adversos dado que se usan en dosis bajas (3-5).

Una de las principales causas de muerte durante los procedimientos quirúrgicos la constituyen los riesgos anestésicos, caracterizados por depresión cardíaca y respiratoria, hipotensión, disminución de la perfusión tisular y *shock*, que pueden culminar en la muerte del animal; por esto, se hace necesario implementar nuevos protocolos anestésicos más seguros y eficaces, y a este requerimiento responde la anestesia balanceada o multimodal (6). Según estudios realizados, la tasa de mortalidad en equinos sanos sometidos a cualquier tipo de anestesia general para procedimientos de rutina es de 0,6-1,8 %, porcentaje que aumenta cuando hay complicaciones sistémicas (7). A pesar de lo anterior, es sabido que la anestesia inhalada ofrece mayor seguridad que la inyectada, pero cuando

esta no se puede realizar, debe disponerse de protocolos de anestesia general fija, eficaces y seguros para cada paciente. En tal sentido, es necesario evaluar de manera experimental toda asociación que se proponga en la especie de interés, lo que permite determinar los riesgos generados por cada una, así como los beneficios alcanzados. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar tres protocolos anestésicos bajo el concepto de la anestesia balanceada en equinos criollos sanos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio de tipo experimental utilizando pacientes sanos, a los cuales no se les realizó ningún procedimiento quirúrgico, doloroso o causante de estrés.

*Lugar de estudio.* La fase experimental se realizó en la Clínica Veterinaria Francisco de Asís de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos, ubicada en la vereda de El Otro Lado, a 7 km de la ciudad de Tunja, en el municipio de Soracá. Los animales se mantuvieron en corrales al aire libre y durante el proceso anestésico, y hasta su recuperación, en pesebreras individuales bajo cubierta, con piso en cemento cubierto con aserrín, el cual se cambiaba diariamente. En cada pesebrera hay comedero y bebedero.

*Animales de estudio.* Se utilizaron cuatro equinos adultos sanos (2-5 años) sin importar el género y la raza. Se mantuvieron en pastoreo de kikuyo y en las pesebreras, con el mismo pasto cortado y con agua a voluntad. Para la selección de los animales se realizó un examen clínico tradicional (inspección, palpación, auscultación y percusión) y un hemograma. Los animales fueron desparasitados y se aplicó un complejo vitamínico.

Los caballos fueron identificados numéricamente como: No. 1, hembra de 200 kg de peso vivo y 2,5

años de edad; No. 2, hembra de 140 kg de peso vivo y 14 meses de edad; No. 3, macho de 250 kg de peso vivo y 2 años de edad; No. 4, hembra de 350 kg de peso vivo y 4 años de edad.

## Diseño metodológico

Con el fin de minimizar el uso de animales en el estudio se decidió aplicar un diseño cruzado en el cual los cuatro equinos recibieron los tres tratamientos (protocolos) por evaluar. Se dejó un periodo de *washout* de 30 días, lo que significa que cada paciente tuvo un periodo de descanso entre cada protocolo, periodo suficiente para que los fármacos logran eliminarse sin alterar los resultados de las pruebas siguientes.

Todos los animales fueron sometidos a ayuno de doce horas antes de programado el procedimiento, e inmediatamente antes de este se realizó nuevamente un examen clínico completo para garantizar el estado de salud del animal y para tener los parámetros fisiológicos antes de la medicación.

Los protocolos evaluados se diseñaron teniendo en cuenta las tres fases del procedimiento anestésico: premedicación, inducción y mantenimiento; todos los animales fueron canalizados y se mantuvieron con terapia de líquidos en infusión continua durante todo el procedimiento, hasta la recuperación.

### Protocolo 1

- Premedicación: xilazine 2 % (1,1 mg/k) + acepromazina 1 % (0,05 mg/k) + guayacolato de glicerilo 5 % (a efecto hasta el derribo).
- Inducción: tiopental sódico (preparado al 10 %) (2,5 mg/k) + ketamina 5 % (2 mg/k) + diazepam 0,5 % (0,02 mg/kg).
- Mantenimiento: ketamina 5 % (0,6 mg/k, por vez) + propofol 1 % (2 mg/k, por vez) + tramadol 1 % (1,2 mg/k).

## Protocolo 2

- Premedicación: xilazine 2 % (1,1 mg/k) + butorfanol 1 % (0,05 mg/k) + guayacolato de glicerilo 5 % (a efecto hasta el derribo).
- Inducción: propofol 1 % (2 mg/k).
- Mantenimiento: ketamina-midazolam 5 % (0,5 mg/k, por vez) + dopamina 4 % (0,005 mg/kg/min).

## Protocolo 3

- Premedicación: xilazine 2 % (1,1 mg/k) + diazepam 0,5 % (0,1 mg/k) + guayacolato de glicerilo 5 % (a efecto hasta el derribo).
- Inducción: tiopental sódico (preparado al 10 %) (2,5 mg/k).
- Mantenimiento: ketamina 5 % (2 mg/k) + acepromazina 1 % (0,07 mg/k), por vez.

## Valoraciones

De acuerdo con el diseño metodológico de este estudio las variables independientes correspondieron a los tres protocolos evaluados, y las variables dependientes fueron aquellas valoraciones con base en las cuales se analizó el comportamiento de los fármacos utilizados, que fueron de tipo cuantitativo y cualitativo; se valoraron durante todo el procedimiento, desde minutos antes de iniciar la premedicación y hasta la recuperación.

Las variables cuantitativas fueron frecuencias cardíaca y respiratoria, pulso y tiempos anestésicos. Las frecuencias cardíaca y respiratoria se tomaron con fonendoscopio; el pulso se tomó manualmente en la arteria facial. Respecto a los tiempos anestésicos, el de inducción se tomó como el tiempo que transcurrió desde la aplicación de los anestésicos hasta que el paciente entró en plano III (signos de inconsciencia); el tiempo de recuperación parcial

fue el transcurrido desde que se administró la última dosis de anestésico hasta que el animal se movió o levantó la cabeza por primera vez, y el de recuperación total correspondió al tiempo transcurrido desde que se administró la última dosis de anestésico, hasta que el animal recuperó la consciencia, la capacidad motora y se levantó por sí mismo.

Las variables cualitativas fueron reflejos (palpebral, corneal, cutáneo, deglutorio, rotuliano, pedal y pupilar), que se calificaron como ausente, moderado y normal. Se tuvo en cuenta la respuesta a estímulos (reflejos), el paso de la sonda traqueal y la calidad de la inducción, y de la recuperación, que se calificaron como “suave”, cuando el animal entró al plano III o se recuperó sin ninguna complicación, o “intranquila”, cuando en la una y otra hubo nerviosismo, movimientos involuntarios o agresividad. Las variables fueron calificadas para el análisis estadístico (tabla 1).

## RESULTADOS

Como se dijo anteriormente, los equinos de estudio fueron sanos, por lo que todas las valoraciones realizadas indicaron condiciones normales.

### Protocolo 1

Al inicio del estudio la frecuencia cardíaca en todos los animales se encontró entre 40-56 ppm y fue oscilando durante procedimiento, con tendencia al aumento durante la fase anestésica. La frecuencia respiratoria de los animales al inicio del estudio estuvo entre 12-14 rpm, pero con la inducción disminuyó, en la mayoría de los casos, por debajo del parámetro fisiológico y así se mantuvo durante el plano quirúrgico hasta el inicio de la recuperación.

**Tabla 1. Parámetros cualitativos y escala de valoración utilizada en el estudio**

Parámetro	Categoría	Descripción
Postura	0	Decúbito lateral, inmóvil
	1	Decúbito lateral con movimientos esporádicos
	2	Decúbito esternal
	3	En pie
Respuesta al ruido	0	No responde
	1	Responde de forma mínima
	2	Responde de forma moderada
	3	Responde rápidamente y levanta cabeza
Reflejo masticatorio y deglutorio	0	Pérdida completa
	1	Ausencia del reflejo masticatorio retrae débil y lentamente la lengua
	2	Ausencia del reflejo masticatorio, retrae fuerte y rápidamente la lengua
	3	Presentes los dos reflejos
Flacidez muscular	0	Flacidez generalizada y satisfactoria
	1	Flacidez generalizada con movimientos esporádicos
	2	Flacidez parcial con tono en extremidades
	3	Tono muscular normal

Los reflejos estuvieron presentes en todos los equinos antes de iniciar el proceso anestésico y en la premedicación, y ausentes durante el plano quirúrgico por la inconsciencia.

La inducción fue suave —todos los animales entraron en inconsciencia sin mostrar movimientos o nerviosismo— y rápida (2-10 min). El tiempo de recuperación registrado de un paciente a otro osciló entre 5-30 min y la recuperación total estuvo entre 20 y 60 min. Teniendo en cuenta que el mantenimiento anestésico se hizo durante 30 min, y con el tiempo de recuperación total, se puede afirmar que el tiempo de anestesia fue corto lo que es deseado en esta especie. Durante el plano III, los cuatro animales estuvieron en decúbito lateral, con buena relajación muscular, ausencia de los reflejos masticatorio y deglutorio, lo que permitió la intubación; hubo giro del globo ocular sin reacción al ruido o al tacto. En un animal la pérdida del reflejo deglutorio no fue satisfactoria.

## Protocolo 2

Las frecuencias cardíacas iniciales estuvieron entre 40 y 56 ppm, y una vez se inició la administración de los fármacos tuvo aumentos y descensos moderados. Durante la recuperación aumentó considerablemente y luego se normalizó. La frecuencia respiratoria se mantuvo entre 16 y 28 rpm sin mostrar anomalías; los reflejos estuvieron presentes en todos los equinos al inicio y durante la premedicación, y ausentes —incluyendo el reflejo corneal— durante el plano quirúrgico.

La inducción se logró de forma rápida (5-10 min) y suave. El tiempo de recuperación osciló entre 5-8 min, y la recuperación total estuvo entre 15 y 25 min. Esto indica que este protocolo provee una buena y rápida recuperación, para un periodo de mantenimiento de 30 min. Los equinos entraron suavemente al plano anestésico, lograron recumbencia en decúbito lateral con relajación muscular

generalizada; perdieron los reflejos deglutorio y masticatorio mostrando buena profundidad anestésica. En un solo animal se observó que la pérdida del reflejo deglutorio no fue absoluta.

### Protocolo 3

Con este protocolo los cuatro equinos del estudio presentaron disminución de la frecuencia cardiaca después de la premedicación, luego aumentó durante la inducción (40 y 88 ppm), y así se mantuvo durante la fase anestésica. Los reflejos estuvieron presentes en todos los equinos al inicio del procedimiento y durante la premedicación y ausentes durante el plano quirúrgico.

La inducción fue rápida y suave (6-12 min), el mantenimiento anestésico fue de aproximadamente 22-48 min y el tiempo de recuperación registrado osciló entre 5-8 min, con una recuperación total entre 15 y 25 min. Los animales no mostraron movimientos involuntarios, hubo decúbito lateral, flacidez muscular y se logró el paso de la sonda traqueal durante el plano III. La inducción fue rápida y suave, y la recuperación progresiva y suave.

*Fase de sedación.* Con los resultados obtenidos en el estudio se puede afirmar que los tres protocolos de premedicación utilizados produjeron una adecuada sedación, los parámetros fisiológicos se mantuvieron dentro de valores normales, hubo docilidad, se logró el derribo y se conservaron los reflejos, sin observar efectos de rebote.

*Fase de anestesia.* En los tres casos la inducción fue suave, no se observaron movimientos involuntarios, ni excitación nerviosa. La frecuencia cardiaca fue más estable con el primer protocolo, pero en términos generales con los tres se observaron frecuencias altas y en ningún caso hubo bradicardia;

sin embargo, con este protocolo hubo descenso notorio de la frecuencia respiratoria. La flacidez muscular fue buena en los tres protocolos, así como el nivel de inconsciencia.

*Fase de recuperación.* En los tres protocolos el despertar fue rápido, suave y en ningún paciente se observaron alucinaciones, movimientos erráticos o agresividad. La recuperación total no tardó más de una hora en ningún protocolo, siendo más prolongada con el primero.

*Efectos adversos.* En ninguno de los animales de estudio se observaron efectos adversos, ninguno mostró manifestaciones de los planos I y II (efectos de excitación), ni del plano IV que es una profundidad anestésica indeseada (paro cardiaco, respiratorio, hipotensión, *shock*).

## DISCUSIÓN

Dadas las características de este trabajo, el análisis estadístico realizado se hizo a través de promedios, desviación estándar y coeficiente de varianza para cada una de las etapas del proceso anestésico de cada protocolo evaluado en los animales de estudio. Posteriormente se hizo un análisis de varianza (Anova) mediante la prueba de Kruskal-Wallis para las variables de tiempo, es decir, de las fases anestésicas (premedicación/sedación, inducción/mantenimiento y recuperación).

### Frecuencia cardiaca

Los valores encontrados en el protocolo 1 estuvieron entre 35 y 74 ppm; en el protocolo 2, entre 32 y 120 ppm, y para el protocolo 3, entre 42 y 88 ppm (figura 1). Según el coeficiente de varianza los valores más bajos se encontraron en el primer protocolo, seguidos por el tercero, y este por el segundo. Se observó que la frecuencia cardiaca varió de un

individuo a otro según el protocolo anestésico utilizado, y con la fase anestésica evaluada. Con estos resultados se observa que con ninguno de los protocolos hubo compromiso cardiaco que amenazara la estabilidad cardiovascular de los pacientes (figura 1), esto coincide con la literatura que indica que el uso de ketamina asociado con sedantes y otros agentes anestésicos provee buen desempeño cardiorrespiratorio porque este produce estímulo cardiaco indirecto (8, 9).

El aumento de la frecuencia cardiaca observado durante la inducción y el mantenimiento fue inverso a las frecuencias respiratorias registradas, lo cual se explica porque la función cardiaca actúa como compensatoria a la oxigenación requerida (10). En el protocolo 2, en el que se asoció xilazine+butorfanol durante la premedicación hubo un descenso relativo de la frecuencia cardiaca, que se explica por la acción alfa-2 agonista y por el efecto vago mimético producido (11).

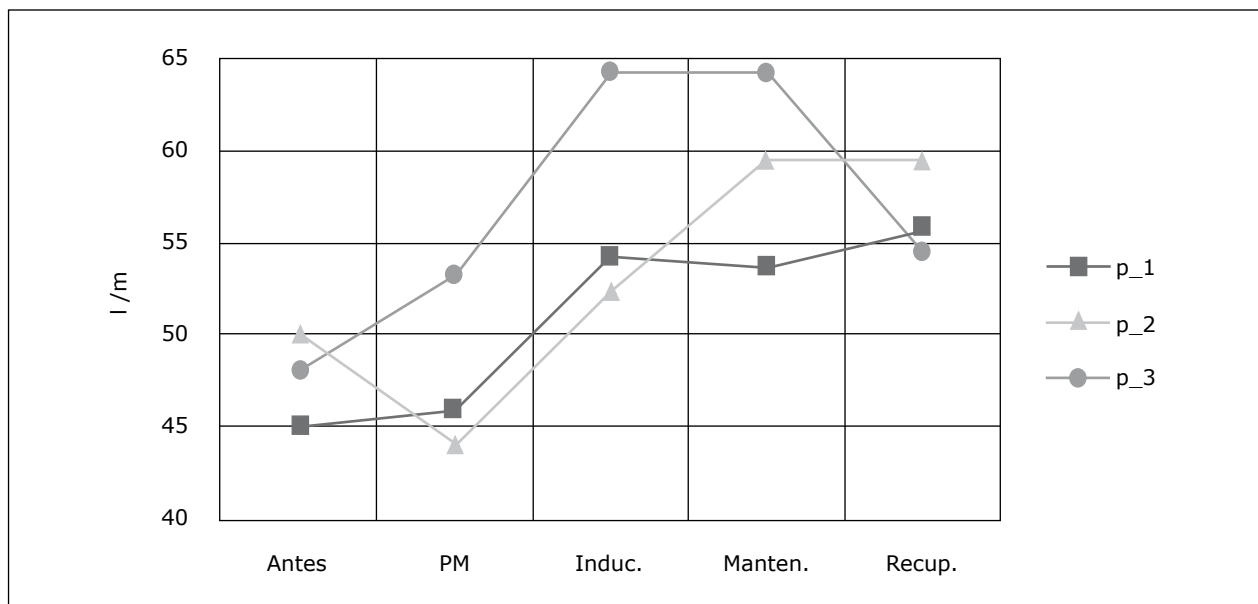
Los tranquilizantes y anestésicos utilizados deprimen el trabajo cardiaco (10,12,13), por lo que en

equinos con hipoxemia, septicemia o hipovolemia la presentación de arritmias aumenta, aunque la incidencia de arritmias se reporta como frecuente durante el posquirúrgico en esta especie con o sin patologías concomitantes (14,15). Considerando que los animales utilizados fueron sanos, se propone evaluar estos protocolos para determinar los efectos cardiacos bajo condiciones fisiopatológicas diversas. En el protocolo 2 de este estudio se incluyó, durante el mantenimiento, una infusión continua de dopamina, fármaco agonista de los receptores Beta-1 del corazón, caracterizado por mejorar el gasto cardiaco y facilitar la perfusión tisular en equinos anestesiados (7,16) que en este estudio permitió observar, después de su administración, una estabilización de la frecuencia cardiaca, lo que se consideró adecuado bajo las condiciones planteadas.

### Frecuencia respiratoria

Los valores de la frecuencia respiratoria en el protocolo 1 se encontraron entre 4 y 28 rpm; entre 2 y 8 en el protocolo 2, y en el protocolo 3 entre 12 y 24 rpm (figura 2). Según los coeficientes de va-

Figura 1. Esquema comparativo de frecuencias cardiacas obtenidas



riación la frecuencia respiratoria varió de acuerdo con el individuo, el protocolo, la fase anestésica y el tiempo transcurrido.

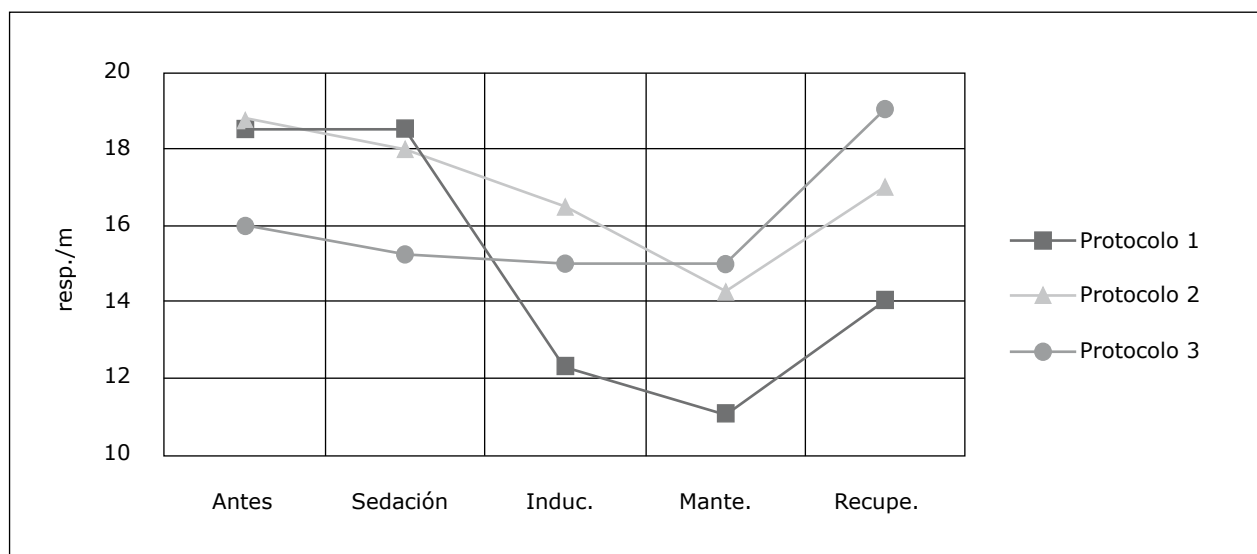
El trabajo respiratorio bajo estado anestésico es un factor muy importante en la sobrevivencia de cualquier paciente, siendo los equinos particularmente susceptibles de mostrar complicaciones respiratorias (bradipnea, apnea y paro respiratorio) por su anatomía y peso corporal. Es así como la hipoxemia causada por compresión por el peso de las vísceras sobre el diafragma y los pulmones, en la posición dorsal y lateral (figura 3), conduce al desarrollo de atelectasia por el colapso alveolar que produce la recumbencia, que sumada a la depresión respiratoria producida por los anestésicos constituye la principal complicación de la anestesia general en equinos. Lo anterior genera la necesidad de seleccionar protocolos de rápida recuperación (6,13,16,17). Esta predisposición de los caballos a producir apnea bajo tales condiciones constituye una complicación mayor cuando los procedimientos anestésicos deben hacerse en campo, sin monitorización adecuada de los signos respiratorios (18). Adicionalmente, se deben considerar otros

factores como la edad, el tipo de cirugía, la duración del procedimiento y el protocolo anestésico, entre otros (16).

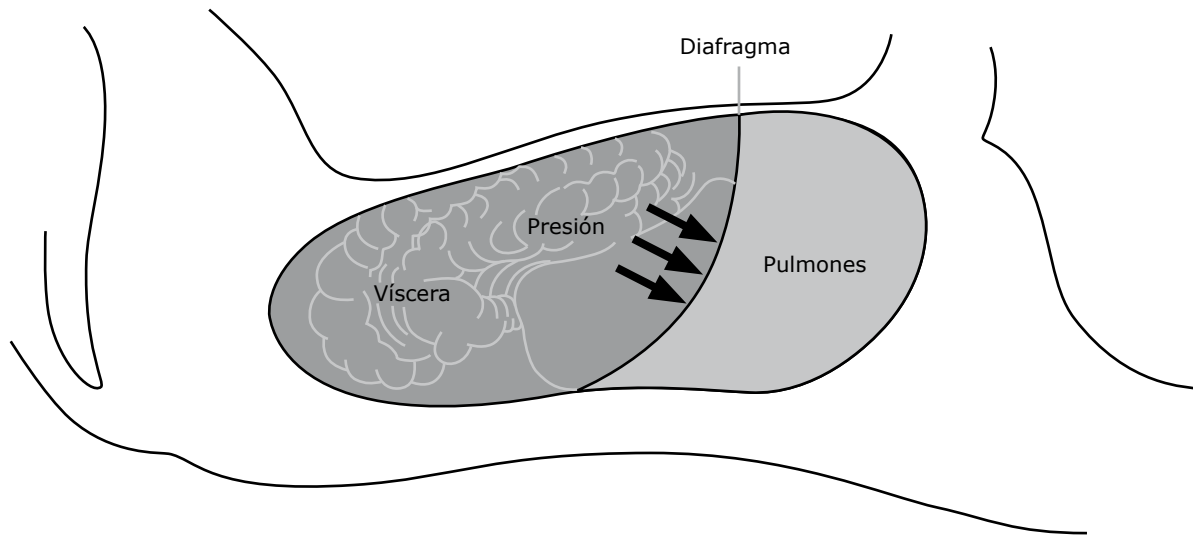
Los tres protocolos fueron seguros para los pacientes y no hubo ninguna complicación originada por la anestesia. A pesar de que se esperaba un descenso de la frecuencia más notorio, con ninguno de los protocolos fue evidente y, al contrario, en todos los pacientes se mantuvo dentro de parámetros seguros y estables (figura 2), por lo que en ningún caso fue necesario utilizar estimulantes respiratorios o fármacos reversos.

En todos los protocolos se utilizó xilazine en la fase de premedicación, tranquilizante alfa-2 agonista reconocido por producir depresión respiratoria, con buen efecto sedante y relativa relajación muscular (10, 11). Por su parte, el tiopental sódico es un anestésico barbitúrico reconocido por producir una anestesia satisfactoria, pero también es depresor del centro respiratorio (13); no obstante, en ninguno de los animales de este estudio hubo descensos marcados de la frecuencia respiratoria posiblemente porque, bajo el concepto de anestesia

**Figura 2. Promedio de frecuencias respiratorias encontradas con los tres protocolos evaluados durante el periodo de estudio**





**Figura 3. Esquema de la presión ejercida por las vísceras abdominales sobre la cavidad torácica en un equino en decúbito (6)**

balanceada, se disminuyeron las dosis de todos los fármacos utilizados en los protocolos (1, 13).

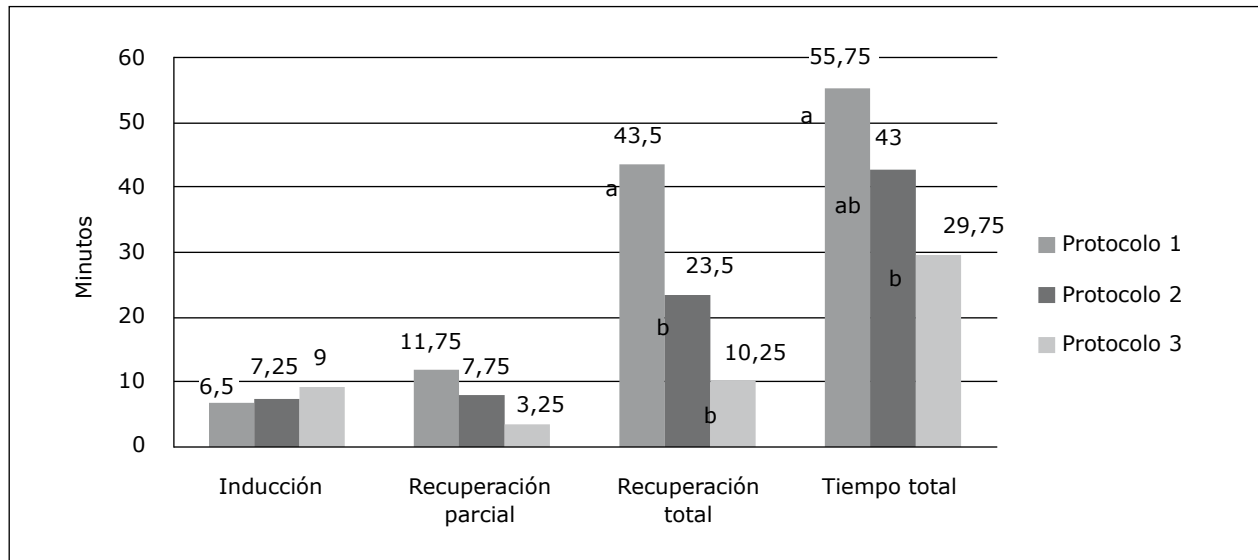
En el protocolo 2 se incluyó en la sedación un analgésico opioide (butorfanol) que potencia la acción depresora de los tranquilizantes y anestésicos además de proveer una acción analgésica antes de iniciar el procedimiento (19). La asociación de estos dos grupos farmacológicos constituye la neuroleptoanalgesia, que permitió en este trabajo no solo una fase de sedación adecuada, sino que también facilitó la posterior inducción. El butorfanol puede producir excitación en los equinos, sin embargo, en este caso no se observó, posiblemente por la utilización del xilazine y porque no se administró en dosis altas (11).

*Tiempos evaluados.* El Anova (valor  $p = 0,5258$ ;  $p \geq 0,05$ ) de los tiempos de inducción indicó que no existió diferencia significativa entre los protocolos 1, 2 y 3 con tiempos de 6,5; 7,25 y 9 min, respectivamente. El tiempo de inducción logrado en este trabajo concuerda con lo reportado en la literatura, en la que se reconoce que el propofol y el tiopental son anestésicos de acción inmediata y de corta duración (13, 20, 21) (figura 4). Con relación al tiempo

de recuperación parcial, el Anova (valor  $p = 0,3124$ ;  $p \geq 0,05$ ) indicó que no hubo diferencia significativa entre los promedios de dichos tiempos que fueron 11,75; 7,75 y 3,25 min para los protocolos 1, 2 y 3, respectivamente (figura 4). El Anova (valor  $p = 0,0063$ ;  $p < 0,05$ ) de los tiempos de recuperación total indicó que no hubo diferencia significativa entre los promedios de estos en los protocolos 1, 2 y 3 con 43,5; 23,5 y 10,25 min, respectivamente. El Anova (valor  $p = 0,0365$ ;  $p < 0,05$ ) de los tiempos totales indicó que hay diferencias significativas entre los promedios de estos tiempos en los tres protocolos, siendo 55,75; 43 y 29,75 min para los protocolos 1, 2 y 3, respectivamente (figura 4).

*Calidad de la recuperación.* En todos los casos la calidad en la recuperación anestésica fue suave, y cada animal superó el estado de inconsciencia hasta recobrar el control sensitivo y motor de sus funciones, sin ningún tipo de riesgo para los pacientes o para los operarios (22). Esos resultados se observaron en los tres protocolos evaluados, dando cumplimiento a los principios de la anestesia multimodal.

*Fase de sedación.* El xilazine en todos los protocolos generó una tranquilización adecuada y a pesar

**Figura 4. Esquema comparativo de los tiempos evaluados durante las cuatro fases del estudio\***

\* Letras iguales indican que no hay diferencia significativa y letras diferentes indican que sí la hay.

de que en este estudio no se valoró el dolor, se reporta efecto analgésico por la estimulación de los receptores alfa-2 adrenérgicos en el sistema nervioso central (11). Igualmente, se indica que producen bradicardia, bloqueo auriculo-ventricular, hipotensión, disminución del gasto cardiaco y depresión respiratoria, pudiendo llevar al paciente a estado de *shock* (10,11); sin embargo, en este estudio no se encontraron dichas complicaciones.

Los tranquilizantes se utilizan asociados con analgésicos opioides en la neuroleptoanalgesia, y según la dosis utilizada se logra, desde una sedación superficial hasta un estado anestésico, sin observar los cuadros excitatorios propios del uso de opioides en equinos (11,23). Estos efectos no se observaron en este estudio, como tampoco hubo atonía o estreñimiento. Bennett y Steffey (24) reportan que la asociación de alfa-2 agonistas con analgésicos opioides potencia la sedación, comparada con la obtenida cuando se usan solo tranquilizantes o dichos analgésicos asociados con fenotiazínicos, lo cual pudo evidenciarse en este estudio.

La utilización de acepromazina en los equinos de este estudio no mostró ningún efecto adverso. Se ha reportado inducción de *shock* en equinos viejos e hipotensión por su efecto vasodilatador; igualmente, se indica que produce taquicardia refleja sostenida y protrusión del pene por inhibición de la dopamina, otros indican la presencia de signos extrapiramidales (25-27), ninguno de estos efectos se observó en los equinos de estudio. El otro tranquilizante utilizado fue el diazepam (benzodiazepina), que produce efecto hipnótico, sedante, ansiolítico, anticonvulsivante, además de ser relajante muscular; asimismo, se reporta su capacidad para disminuir la frecuencia y el gasto cardiaco, la presión arterial, la tasa respiratoria y el pH sanguíneo (28). En este estudio no se reportaron efectos adversos debidos al diazepam, posiblemente porque con la anestesia balanceada se redujeron las dosis totales utilizadas y porque, como se reporta en la literatura, el uso de diazepam en dosis inferiores a 0,2 mg/kg es seguro en equinos (28, 29).

*Fase anestésica.* Los resultados de este estudio no mostraron diferencias significativas en las fases de

inducción y mantenimiento en cuanto a calidad y tiempos.

Según la literatura, es ideal una buena relajación muscular durante la anestesia general (13), lo cual se logró en este trabajo por el uso de guayacolato de glicerilo en los tres protocolos, que como relajante muscular central bloquea la neurona intercalar, y permite alcanzar un estado de flacidez satisfactorio sin involucrar los músculos de la respiración (diafragma, intercostales y abdominales) (13).

La ketamina es un anestésico disociativo que produce efectos analgésicos, amnésicos, psicomiméticos y neuroprotectores por el efecto antagonista sobre los receptores N-metil-D-aspartato (NMDA) y su acción sobre los receptores opioides, muscarínicos, nicotínicos, y los GABA<sub>A</sub> (8,30). Algunos de estos efectos se observaron en los animales de estudio aunque la evaluación del dolor no se incluyó en la metodología. Por otra parte, se indica que la ketamina produce ataxia, alucinaciones y excitación debido a su acción sobre los receptores de glutamato (31), lo cual no se observó en este estudio por el uso simultáneo de este fármaco con depresores centrales que reducen dichas manifestaciones.

El uso de guayacolato-ketamina-xilazina para producir anestesia general en equinos ha sido satisfactorio, pero se reconoce dentro de sus limitaciones el riesgo de producir alteraciones cardiorrespiratorias, y el no recomendarse en procedimientos de más de una hora (2,7,32). En el presente estudio se logró una fase anestésica prolongada sin la presentación de efectos adversos.

Por otra parte el propofol, anestésico general fenólico de corta duración, se utilizó en este estudio en los protocolos 1 y 2, mostrando buen efecto durante el mantenimiento y en la inducción, respectivamente, lo que coincide con la literatura que lo

indica como un anestésico general eficaz para lograr las fases anestésicas mencionadas (13,33,34). Asimismo, la inconsciencia lograda permite realizar cualquier procedimiento gracias a la estimulación que produce este fármaco sobre los receptores GABA<sub>A</sub>.

*Fase de recuperación.* Tal como lo indica Oke (35), los avances en anestesiología demuestran que es prioritario lograr recuperaciones cortas y suaves, sin presentación de efectos adversos como intranquilidad, ataxia o alucinaciones. Por lo anterior, los resultados obtenidos en este estudio demuestran que los protocolos aquí evaluados dieron cumplimiento a ese requerimiento, lo cual es deseado debido a que una recuperación suave y rápida minimiza riesgos. De los fármacos aquí utilizados el que produce mayores complicaciones en la recuperación es la ketamina que como anestésico disociativo y alucinógeno produce un despertar intranquilo (8,30). Sin embargo, en este trabajo no se observaron los efectos mencionados porque en todos los protocolos se usaron tranquilizantes que los evitaron, es así como se considera que el uso de diazepam en la premedicación y el mantenimiento, como se hizo en este estudio, permitió una recuperación suave tal como lo reporta la literatura (36,37). Algunos autores indican que la calidad de la recuperación anestésica cuando se utiliza propofol en equinos es impredecible (7); sin embargo, en este estudio la inducción y la recuperación fueron suaves. Igualmente, el uso de analgésicos opioides en equinos, principalmente los agonistas kappa, inducen excitación nerviosa y alteraciones del sistema locomotor (24), lo cual no se observó por la asociación con tranquilizantes y anestésicos.

## CONCLUSIONES

Con base en los hallazgos de este estudio se pudo determinar que los protocolos de anestesia balanceada

que fueron evaluados mostraron los resultados esperados de acuerdo con este tipo de anestesia. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos, lo que permite indicar que los tres protocolos, aunque con diferencias, se comportaron de manera similar. Bajo las condiciones planteadas, en ningún caso hubo efectos indeseados por lo que se podría recomendar su uso en esta especie. Se recomienda evaluar estos protocolos en pacientes que van a ser sometidos a procedimientos quirúrgicos y en animales con diferentes patologías.

Conflicto de intereses. El manuscrito fue elaborado y revisado por todos sus autores quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que arriesgue los resultados presentados.

## REFERENCIAS

- García A, Sumano H, Núñez E. Bases farmacológicas de la anestesia general endovenosa de corta duración en el equino. *Universidad Nacional Autónoma de México* 2002;33:309-333.
- Muir WW, Yamashita K. Balanced anesthesia in horse. *Proceedings of the Annual Convention of the Association American Equine Practitioner* 2000;48:98-99.
- Spadevecchia C. Considerazioni anestetiche in chirurgia addominale equina d'urgenza. XIV Sive/FEEVA Congress: Lido de Venezia. Palazzo del Casino. Press Abboategrasso Jan 25-27 2008:244-247; Milan.
- Adams R. *Farmacología y terapéutica veterinaria*. 2 ed. Madrid: Acribia; 2003. pp. 161-421.
- Duke T. *Anestesia y contención de equinos durante la laparoscopia y toracoscopia*. Ithaca NY: Western College of Veterinary Medicine. International Veterinary Information Service; 2001. Disponible en [www.ivia.org](http://www.ivia.org).
- Taylor PM, Clarke KW. *Manual de anestesia en equinos*. 2 ed. Elsevier limited; 2007.
- Cornick SJ. Anesthesia of the Critically Ill Equine Patient. *Vet Clin Equine* 2004; 20:127-149.
- Knobloch M, Portier CJ, Levison OL, Theurillat R, Thormann W, Spadavecchia C, et al. Antinociceptive effects, metabolism and disposition of ketamine in ponies under target-controlled drug infusion. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2006;216(3):373-386.
- Mama K. Manejo anestésico del equino: anestesia intravenosa; 2000. Disponible en [www.ivia.org](http://www.ivia.org)
- Wagner AE. *Complications in Anesthesia*. Colorado: Department of Clinical Sciences. University Vet Clin Equine 2009;24:735-752.
- Cruz FSF, Carregaro AB, Machado M, Antonaw RR. Sedative and cardiopulmonary effects of butorphanol and xylazine in horses. *Can J Vet Res* 2011;75:35-41.
- Santiago I, García L, Cediell R, Álvarez I. *Anestesia general en el caballo*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2008. pp. 24-31.
- Staffieri F, Driessen B. Field Anesthesia in the Equine. *Clin Tech Equine Pract* 2007; 6:111-119.
- Morgan RA, Raftery AG, Cripps P, Senio JM, McGowan CM. The prevalence and nature of cardiac arrhythmias in horses following general anaesthesia and surgery. *Acta Vet Scand* 2011;53:62.
- Trim C. *Anesthesia for the Colic Patient*. Focus Meeting. Quebec: American Association Equine Practitioner; 2005.
- Doherty T, Valverde A. *Manual of Equine Anesthesia and Analgesia*. Blackwell Publishing; 2006.
- Hubbell JAE, Aarnes TK, Bednarski RM, Lerche P, Muir WW. Effect of 50 % and maximal inspired oxygen concentrations on respiratory variables in isoflurane-anesthetized horses. *BMC Veterinary Research* 2011;7(23):2-11.
- Mackie P. Anaesthetising the Pregnant Woman. *Proceedings of the 49th British Equine Veterinary Association Congress*, Sep. 8-10. Birmingham; 2010.

19. Spadevechia C. Gestione dell'anestesia nel cavallo con trauma acuto. XIV Sive/FEEVA Congress: Lido de Veneti. Palazzo del Casino. Press Abboat-egrasso Jan 25-27 2008:248-251; Milan.
20. Wagner AE, Mama KR, Steffey EP, Hellyer PW. Evaluation of infusions of xylazine with ketamine or propofol to modulate recovery following sevoflurano anesthesia in horses. *Am J Vet Res* 2012;73(3):346-352.
21. Mama KR, Steffey EP, Pascoe PJ. Evaluation of propofol as a general anesthetic for horses. *Veterinary Surgery* 2008;24(2):188-194.
22. Corrêa C, Polydoro A, Lundgren R, Queiroga L, Crosignan N, Serpa P, et al. Effects of a convertible to-and-fro and circle anesthetic system on cardiopulmonary variables in isoflurane anesthetized horses. *Acta Scientiae Veterinariae* 2008;36(3):229-233.
23. Clutton RE. Opioid analgesia in horses. *Vet Clin Equine* 2010;26:493-514.
24. Bennett RS, Steffey EP. Use of opioids for pain and anesthetic management in horses. *Vet Clin Equine* 2002;18:47-60.
25. Britta S, Leise Ms, Lee A, Fugler D, Stokes M, Susan Ce, Moore Rm. Effects of intramuscular administration of acepromazine on palmar digital blood flow, palmar digital arterial pressure, transverse facial arterial pressure, and packed cell volume in clinically healthy, conscious horses. *Vet Surg.* 2007;36(8):717-723.
26. Raposo ME, Ferrerira FP, Caucian BG, Moraes FG, Piccoli RJP, Simoes CC. Influence of acepromazina on the cardiovascular actions of dobutamine in isoflurane-anesthetized horses. *Ciencia Rural* 2011;41(3):470-475.
27. Sumano LH, Lizárraga MI, Ocampo CL, Obregón JK. Reacciones adversas de los fármacos en los equinos. Universidad Autónoma de México. Disponible en <http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol31-04/RVM31409.pdf>. [Consultado el 13 de marzo de 2012].
28. Shini S. A review of diazepam and its use in the horse. *Journal Equine Veterinary Science* 2000;20(7):443-449.
29. Galvini N, Collins D. Perinatal asphyxia syndrome in the foal: review and case report. *Ir Vet J* 2004;57(12):707-714.
30. Cruz A. Ketamina: una revisión de su mecanismo de acción y sus indicaciones en el caballo. *Med Vet* 2003;20(3):25-32.
31. Gangl M, Grulke S, Detilleux J, Caudron I, Serte Yn D. Comparison of thiopentón/Guaifenesin and ketamine/Midazolam for the induction of horses to be anaesthetized with isoflurane. *Vet Rec* 2001;148(5):147-151.
32. Taylor EV, Baetge CL, Matthews NS, Taylor TS, Barling KS. Guaifenesin-Ketamine-Xylazine infusions to provide anesthesia in donkeys. *Journal of Equine Veterinary Science* 2008;28(5):295-300.
33. Oku K, Kakizazaki M, Ono K, Ohta M. Clinical evaluation of total intravenous anesthesia using a combination of propofol and medetomidine following anesthesia induction with medetomidine, guaifenesin and propofol for castration in thoroughbred horses. *J Vet Med Sci* 2011;73(12):1639-1643.
34. Hall Ma, Xi J, Lor C, Dai S, Pearce R, Dailey WP, Eckenhoff. M-azipropofol (AziPm) a photoactive analogue of the intravenous general anesthetic propofol. *J Med Chem* 2010;53(15):5667-5675.
35. Oke S. Anesthesia and pain management. Proceedings of the Annual Convention of the AAEP. dec 4-8. Baltimore; 2010. Disponible en [www.thehorse.com](http://www.thehorse.com). [Consultado el 27 de septiembre de 2011].
36. Kerr Cl, Boure LP, Pearce SG, McDonnell WN. Cardipulmonary effects of diazepam- ketamine-isoflurane or xylazine-ketamine-isoflurane during abdominal surgery in foals. *Am J Vet Res* 2009;70(5):574-580.
37. Rossetti RD, Gaido CSR, Intelizano T, Lima MTS, Ferreira DCR. Comparison of ketamine and S(+)-ketamine with romifidine and diazepam for total intravenous anesthesia in horses. *Vet Anaesth Analg* 2008;35:30-37.

