

**Universidad Nacional
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela de Medicina Veterinaria**

**Estudio comparativo - Efectos cardiorrespiratorios, calidad y
anestesia quirúrgica de xilacina /hidrato de cloral /ketamina
versus xilacina /diazepán /ketamina en equinos.**

Modalidad: Tesis de grado

**Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado
Académico de Licenciatura en Medicina Veterinaria**

Juan Manuel Estrada McDermott

Campus Presbítero Benjamín Núñez

2007

TRIBUNAL EXAMINADOR

Nombre Gr.º Antonieta Gonzales Araya

Decano Guilherme

Nombre Carlos Jiménez Sánchez

Director Carlos Jiménez

Nombre Juan M. ESTANOA VARELA

Tutor Juan M. Estanóa Varela

Nombre Ricardo Estrada

Lector Ricardo Estrada

Nombre José Montero Varela

Lector José Montero Varela

Fecha: _____

DEDICATORIA

Le quiero dedicar esta tesis a mi familia, que siempre ha estado conmigo, gracias a ellos que me educaron para ser la persona que soy, por inculcarme el respeto hacia Dios, las personas, la vida y los animales, por haber estado cerca de mí, sobretodo en los momentos mas oscuros de este largo y hermoso camino llamado vida, por nunca haber perdido la fe en mí. A mi hijo Daniel para que sepa que mucho de lo que he tenido que hacer es para tener un futuro que compartir con él.

AGRADECIMIENTO

Primero que todo a mi papa, por el apoyo incondicional como tutor y Director del Hospital de Mayores, sin su ayuda este proyecto de investigación hubiera sido imposible de realizar.

A los Doctores Javier Montero y Ricardo Estrada por todo el soporte logístico y apoyo para esta tesis.

Al Dr. Adrián Solano por su asesoría desinteresada, su amistad y por todas las cosas importantes que he podido aprender de el.

Al Dr. Wayne Mcdonell, Dra. Carolin Kerr, Dr. Alex Valverde y muchas otras personas del Ontario Veterinay Collage, University of Guelph, por abrirme los ojos para darme cuenta que las limitaciones se las pone uno y que hay un mundo enorme y lleno de conociendo que realmente no esta fuera de nuestro alcance.

A la Dra. Marcia Ramirez y Ceci Villalobos por su apoyo incondicional y preocupación constante sobre mi tesis

A mis hermanos Roberto, Jorge y Pedro y a José Vargas que junto con varios estudiantes de internado me asistieron durante los derribos y toma de datos.

Al Dr. Carlos Boschini por todo el apoyo en la parte estadística, sin su ayuda jamás hubiera logrado procesar toda la información obtenida en este trabajo.

Al Hospital de Especies Menores de la Escuela de Medicina Veterinaria por facilitar el equipo para realizar los análisis de hematocrito y proteínas totales

Al Dr. Carlos Jiménez por permitirme utilizar los caballos, instalaciones y equipo de la Escuela de Medicina Veterinaria.

Y a tantas otros amigos y compañeros que me han apoyado de una u otra forma durante estos años en la Universidad.

Y sobre todo a Dios, el sabe por qué.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	4
1.2.1. Importancia.....	6
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo general.....	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
2. METODOLOGÍA: MATERIALES Y MÉTODOS.....	8

2.1 Ubicación del estudio.....	8
2.2 Examen físico y de laboratorio.....	8
2.3 Protocolos.....	8
2.4 Monitoreo.....	10
3. RESULTADOS.....	12
4. DISCUSIÓN.....	16
5. CONCLUSIONES.....	18
6. RECOMENDACIONES.....	19
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Grafico promedios Frecuencia Cardiaca y Frecuencia Respiratoria.....9

Figura 2: Grafico Presión Media en mmHg.....10

INDICE DE CUADROS**Cuadro 1:** Tiempos de Anestesia.....9**Cuadro 2:** Promedios Gases Arteriales y Electrolitos.....11

INDICE DE ABREVIATURAS

Ca:	calcio
CO ₂ :	dióxido de carbono
ECG:	electrocardiograma
g:	gramos
HCO ₃ :	bicarbonato
HR:	frecuencia cardiaca
K:	potasio
Kg:	kilogramos
mg:	miligramos
ml:	mililitros
mm:	milímetros
mmHg:	milímetros de mercurio
Na:	sodio
O ₂ :	oxigeno
RR:	frecuencia respiratoria

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar la seguridad cardiorrespiratoria y calidad de la anestesia del protocolo xilacina /hidrato de cloral /ketamina comparado contra el protocolo xilacina /diazepán /ketamina en la especie equina. Se monitorearon diversos parámetros como frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, presión arterial directa, ECG, PaO_2 , PaCO_2 , exceso de base, Na, K, Ca y se tomó el tiempo para los periodos de anestesia quirúrgica y recumbencia. Se obtuvo un promedio de 5 minutos más de anestesia con xilacina /hidrato de cloral /ketamina ($23.13 \text{ minutos} \pm 2.59$) comparado con el protocolo xilacina /diazepán /ketamina ($18.13 \text{ minutos} \pm 6.51$) lo que da un valor estadísticamente significativo de $p < 0.06$, además de proveer un tiempo promedio de recuperación de $36.25 \text{ minutos} \pm 11.52$ contra $30.75 \text{ minutos} \pm 10.65$ de la mezcla con diazepán, sin diferencias estadísticamente significativas a nivel cardiovascular (Promedio de la presión arterial para xilacina /hidrato de cloral /ketamina; Sistólica 115.100, Diastólica 81.788 y Media 95.488 contra Sistólica 133.873, Diastólica 98.937, Media 114.357 del protocolo con diazepán), respiratorio y en el balance homeostático de los pacientes. La inducción y la recuperación fueron filmadas para determinar la seguridad de las técnicas obteniendo buenos resultados. En general se demostró que la adición del hidrato de cloral a la xilacina y la ketamina provee una calidad de anestesia deseada y un mayor tiempo de anestesia quirúrgica.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the cardio-respiratory safety and the quality of the xilazine /chloral hydrate /ketamine protocol compared to xilazine /diazepam /ketamine in the horse. The monitored parameters were HR, RR, invasive blood pressure, ECG, base excess, PaO₂, PaCO₂, Na, K, Ca, and the times for surgical anaesthesia and recumbency. An average time of extra 5 minutes of surgical anaesthesia was obtained with xilazine /chloral hydrate /ketamina (23.13 minutes $\pm$ 2.59) compared to xilazine /diazepam /ketamina (18.13 minutes $\pm$ 6.51) with a significant statistical value of $p < 0,06$, with recovery times of 30.25 minutes $\pm$ 11.52 for the chloral hydrate combination versus 30,75 minutes $\pm$ 10.65 for the diazepam one, without great cardiovascular variations (Average arterial blood pressure for xilazine /chloral hydrate /ketamina was Systolic 115.100, Diastolic 81.788 and Mean 95.488 versus Systolic 133.873, Diastolic 98.937 and Mean 114.357 for the diazepam protocol), respiratory and homeostatic balance of the patients. Induction and recovery were taped to determine the safety of the protocols with successful results. In the overall it was demonstrated that the usage of chloral hydrate in addition to xilazine and ketamina provides a desired quality of anaesthesia and a longer surgical anaesthesia period.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Como en todas las áreas de la medicina veterinaria, la analgesia y la anestesia equina han progresado enormemente a nivel mundial en los últimos 50 años. Lo anterior ha sucedido por la introducción de nuevas drogas, diferentes métodos y técnicas anestésicas y equipo de monitoreo (Muir y Hubbell, 1991; Allen, 1998; Hall et al., 2001; Bertone y Horspool, 2004; Doherty y Valverde, 2006).

La anestesia en general es una práctica diaria en la profesión veterinaria y es una materia que se basa tanto en el conocimiento científico como en la habilidad y práctica del profesional para dominar este “arte” (Hall et al., 2001; Doherty y Valverde, 2006). La literatura científica señala que la anestesia como tal se puede dividir en dos grupos (Muir y Hubbell, 1991; Cornick, 2001; Doherty y Valverde, 2006):

a- Anestesia general: se logra llevar al animal a un estado de inconsciencia e indiferencia al medio que lo rodea. Es una depresión controlada y reversible del Sistema Nervioso Central en la cual el paciente no percibe y además no recordará ningún estímulo doloroso. La administración de los fármacos necesarios para lograr este estado en la especie equina se efectúa por vía endovenosa o inhalatoria, requiriendo esta última la administración del agente anestésico por medio de un vaporizador y máquina de anestesia.

b- Anestesia local: el animal está consciente del medio que lo rodea, pero con poca o ninguna percepción del dolor, debido al efecto producido por la droga infiltrada localmente o bloqueo directo de los nervios.

En el pasado se utilizaban agentes farmacológicos únicos para lograr la anestesia general, pero las dosis requeridas para lograr planos quirúrgicos son tan altas que se acercan demasiado a la dosis letal media de las drogas usadas (DL_{50}), con un mayor tiempo de metabolización, mayor depresión a nivel de sistema nervioso central y por ende una recuperación más larga y más complicada (Muir y Hubbell, 1991; Hall et al., 2001; Bertone y Horspool, 2004).

En los años 40, se introduce el concepto de anestesia balanceada como la premisa básica de la anestesia a nivel mundial y que se mantiene hasta el día de hoy. Bajo esta idea se recomienda, que para lograr una anestesia balanceada (donde se logre sedación, relajación muscular, analgesia y amnesia), se utilizan mezclas de 2 o más agentes (Muir y Hubbell, 1991; Hall et al., 2001; Doherty y Valverde, 2006).

Este concepto de anestesia balanceada es sumamente importante, pues al utilizar varios medicamentos en menor dosis, se potencian las acciones de los fármacos mezclados logrando el estado anestésico deseado y se produce una menor cantidad de efectos secundarios indeseables. Estas técnicas ayudan a controlar los tiempos de recumbencia óptimos para cada caso y a la vez minimizan los efectos adversos de los fármacos sobre la función cardiovascular, función respiratoria, perfusión y oxigenación de los tejidos (Robert, 1997; Sumano, 1997; Hubbell, 1999; Bertone y Horspool, 2004; Doherty y Valverde, 2006).

Entre los primeros intentos para trabajar con diferentes combinaciones se utilizaron mezclas como tiobarbitúricos con dosis altas de hidrato de cloral y sulfato de magnesio o acepromacina con hidrato de cloral y tiopental, pero producían recuperaciones muy largas y a veces violentas (Estrada, 1985; Muir y Hubbell, 1991; Hall et al., 2001; Doherty y Valverde, 2006).

A partir de 1977 comenzó una nueva era de seguridad en anestesia equina, con la introducción de la mezcla de xilacina y ketamina para anestesia endovenosa de corta duración. Posteriormente se demostró que al agregar otros fármacos a este protocolo se logra reducir las dosis debido al efecto de potenciación entre las mismas drogas, además de reducir el tiempo de recuperación del animal debido a una metabolización más rápida de cada una de las drogas individuales, además de producir mejor anestesia y relajación muscular que es el efecto clínico deseado. Basados en la premisa anterior, la literatura científica reporta actualmente varios protocolos con combinaciones de fármacos que permiten mejorar el tiempo y profundidad de anestesia necesaria para realizar procedimientos de campo o para la inducción previa a la anestesia inhalatoria (Muir et al.,

1977; Muir y Hubbell, 1991; Riebold et al., 1995; Bill, 1997; Allen, 1998; Hubbell, 1999; Rose, 2000; Gangl et al., 2001, Muir y Hubbell, 2001).

A pesar de los grandes avances tecnológicos que se han dado en el mundo, a nivel de campo en Costa Rica la mayoría de los médicos veterinarios no cuentan con equipos que permitan administrar anestesia general inhalatoria y un adecuado monitoreo del paciente. Por esto se ha tenido que recurrir a otras técnicas anestésicas que se ajusten a las condiciones. La única opción disponible cuando se requiere la inmovilización total del paciente, ha sido utilizar fármacos endovenosos con el fin de lograr estados de recumbencia y anestesia general (Estrada, 1985; Kaminsky, 1992; Estrada, 2000; Estrada, 2006; Montero, 2006).

En el país, aún hoy en día, se utiliza el derribo de equinos sin sedación por medio del uso de cuerdas, lo que es totalmente antiético e inhumano. Estos procedimientos pueden producir múltiples complicaciones como golpes, fracturas, lesiones tendinosas y de ligamentos, rabdomiólisis, prolapso rectal y evisceraciones durante y posterior a castraciones por el esfuerzo, además del sufrimiento del paciente al ser sometido a diferentes procesos quirúrgicos sin ningún tipo de analgesia ni anestesia. Esta vivisección todavía se continúa practicando en la mayoría de las castraciones efectuadas a los machos de todas las especies domésticas en el campo (Estrada, 2006; Montero, 2006).

Cuando se anestesian ejemplares de la especie equina, la inducción y la recuperación son periodos de suma importancia, ya que estos son animales muy fuertes y con un temperamento altamente explosivo, relacionado con el mecanismo natural de defensa de los equinos que es el escape. Esto hace que los procedimientos anestésicos sean de suma importancia, ya que al asustarse, los equinos pueden auto infligirse lesiones de gravedad o herir a los operarios. Es importante recalcar el hecho de que tiempos muy largos de recumbencia y recuperaciones violentas en los equinos predisponen a lesiones por compresión nerviosa, rabdomiólisis con daño renal secundario y traumas que pueden llevar hasta la muerte del animal (Muir y Hubbell, 1991; Riebold et al., 1995; Bill, 1997; Mama, 2000; Wagner, 2000; Hinchcliff et al., 2004; Keegan, 2005; Doherty y Valverde, 2006).

1.2 Justificación

Los procedimientos anestésicos en equinos deben satisfacer dos requerimientos (Muir y Hubbell, 1991; Hall et al., 2001; Doherty y Valverde, 2006):

1. Un manejo humanitario del paciente, por medio del cual se evita que el animal sufra dolor y se cause daño a sí mismo.
2. Eficiencia técnica, enfatizando en la seguridad no solo del procedimiento que se le realice al animal, sino también para proteger al personal técnico de accidentes ocasionados por el paciente. Además se debe prevenir que el personal entre en contacto por error con medicamentos riesgosos o adictivos (vía inyección o inhalación).

El propósito del presente estudio es comparar una técnica anestésica, segura y económica para la cual no existen datos publicados sobre los efectos cardiorrespiratorios versus otra técnica anestésica previamente descrita y ampliamente utilizada (Brock y Hildebrand, 1990; Kerr et al., 1996; Muir et al., 2000; Kerr et al., 2004), para uso en la especie equina, la cual permite realizar procedimientos que requieren de anestesia general por cortos periodos de tiempo, como es el caso de muchas técnicas quirúrgicas efectuadas en caballos bajo condiciones de campo. Estas técnicas también se pueden utilizar como protocolo de inducción para la anestesia general con agentes inhalatorios.

Para efectuar estos procedimientos, la literatura científica reporta diversos protocolos para anestesia total intravenosa (T.I.V.A.) en equinos, usados con diferentes grados de éxito, por ejemplo (Muir et al., 1977; Estrada, 1985; Brock y Hildebrand, 1990; Matthews et al., 1993; Kerr et al., 1996; Estrada, 2000; Mama, 2000; Auben, 2002; Kruse-Elliott, 2002; Kerr et al., 2004; Mama, 2004; Doherty y Valverde, 2006):

- a. Acepromacina - hidrato de cloral- tiopental (con recumbencias muy largas).
- b. Ketamina-xilacina (promedio menos de 15 min. de anestesia lo que la hace relativamente cara).

- c. Triple goteo (máximo 1 hora de anestesia, hay que usar grandes volúmenes y además no hay guaifenesin en el país).
- d. Xilacina-diazepán-ketamina (buena técnica y volúmenes pequeños pero el diazepán es de venta restringida y no siempre se consigue la cantidad necesaria, siendo probablemente una de las mejores combinaciones y de las más utilizadas a nivel mundial).
- e. Xilacina-guaifenesina-ketamina (hay que usar grandes volúmenes y no hay guaifenesina en el país).
- f. Xilacina - tiletamina - zolacepán (inducción y recuperación de mala calidad).

Actualmente en Costa Rica son limitadas las opciones anestésicas para equinos con que cuentan los médicos veterinarios en práctica privada, además de que existe una limitada disponibilidad de máquinas de anestesia y aparatos para monitorear los pacientes anestesiados (Muir et al., 1977; Estrada, 1985; Kaminsky, 1992; Estrada, 2000; Estrada, 2006; Montero, 2006).

1.2.1 Importancia

En los equinos, muchas de las cirugías que se realizan bajo condiciones de campo suelen requerir de anestesia general de corta duración, además de que las limitantes económicas y la dificultad para el transporte del equipo (máquina de anestesia, tanque de oxígeno, ventilador, equipo de monitoreo, etc.) hacen poco práctico realizar anestesia por inhalación bajo estas condiciones (Muir y Hubbell, 2001; Kern, 2002; Estrada, 2006; Montero, 2006).

Algunos de los protocolos anestésicos endovenosos en equinos mencionados anteriormente utilizan la guaifenesina o el diazepam como relajante muscular, sin embargo estas drogas han sido poco accesibles para el médico veterinario costarricense, en el primer caso por que no se encuentra en el país y en el segundo por ser de uso controlado o por conseguirse en pequeñas cantidades. Una alternativa puede ser utilizar el hidrato de cloral como sustituto a estos agentes, ya que es una droga económica y accesible en Costa Rica (Estrada, 2006; Montero, 2006).

Es importante aclarar que este es un protocolo que se ha utilizado en Costa Rica por varios años, bajo condiciones de campo, para anestesias de corta duración a pesar de que no hay información científica reciente respecto a sus efectos cardiorrespiratorios en el equino. En todos estos casos realizados en fincas, desde el punto de vista anestésico, el resultado de la técnica ha sido muy bueno, ya que ni el derribo ni la recuperación han sido violentos, la profundidad de la anestesia y la relajación muscular han sido adecuados para realizar las cirugías y se logró extender el tiempo de anestesia por varios minutos más, comparado cuando se utiliza solamente xilacina-ketamina (Muir et al., 1977; Brock y Hildebrand, 1990; Kerr et al., 1996; Estrada, 2000; Hall et al., 2001; Papich, 2002; Plumb, 2002; Estrada, 2006).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar los efectos cardiorrespiratorios, tiempo de anestesia quirúrgica y la calidad de la anestesia, inducción y recuperación comparando los protocolos anestésicos xilacina /hidrato de cloral /ketamina y xilacina /diazepán /ketamina.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Comparar seguridad a nivel cardiorrespiratorio de la mezcla xilacina /hidrato de cloral /ketamina como anestésico endovenoso en la especie equina contra xilacina /diazepán /ketamina.
- Determinar si el protocolo anestésico xilacina /hidrato de cloral /ketamina provee un mayor tiempo de anestesia quirúrgica, además de inducciones y recuperaciones que no sean peligrosas ni para el animal ni para el veterinario.
- Aportar una técnica económica, segura y efectiva para realizar procedimientos quirúrgicos rápidos en la especie equina en condiciones de campo y como protocolo para la inducción previo a una anestesia inhalatoria.

2. METODOLOGÍA: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del estudio

En este estudio cruzado se utilizaron 8 equinos adultos, propiedad de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional, Costa Rica y de criadores privados que facilitaron algunos animales.

A cada caballo se le aplicaron los dos protocolos anestésicos siguiendo un diseño de control cruzado (crossover), equivalente a un diseño de cuadrado latino 2x2 en 4 repeticiones. Esto permitió aplicar ambos protocolos al mismo animal con un intervalo de 15 días para eliminar cualquier efecto residual de las drogas. Dentro de cada subgrupo de estudio se buscó agrupar parejas de caballos de similar peso y condición corporal (Gill, 1978; Boschini, 2006).

2.2 Examen físico y de laboratorio

A cada caballo se le realizó un examen objetivo general y pruebas básicas de laboratorio como hematocrito y proteínas totales para descartar enfermedades anemizantes, circulatorias o respiratorias que pudiesen complicar la anestesia. Se utilizaron entre los 7 y los 12 años con pesos entre los 325kg y 400kg (Brock y Hildebrand, 1990; Kerr et al., 1996; Eades y Bounous, 1997; Estrada, 2006).

2.3 Protocolos

La solución de hidrato de cloral al 10% fue previamente preparada en una bolsa de 250 ml de solución en dextrosa al 5%, donde se pesan 25gr de cristales de hidrato de cloral y se diluyen por agitación en la dextrosa (Hall et al., 2001).

La dosis de hidrato de cloral a utilizar fue de 50mg/Kg. Esta dosis fue determinada por medio de la observación clínica de algunos practicantes costarricenses en equinos (J.M. Estrada, J. Montero, observaciones sin publicar) al utilizar esa droga a efecto como sedante bajo condiciones de campo. Esta dosis es congruente con los datos reportados por Hall et

al., 2001, que recomienda 25g de hidrato de cloral como dosis total para lograr una sedación leve para un caballo de 450Kg de peso (dosis de 55mg/Kg) (Hall et al., 2001; Estrada, 2006; Montero, 2006).

Para cada anestesia se utilizó un catéter endovenoso calibre 14G x 57 mm el cual se inserta en la vena yugular en dirección caudal y se fijó a piel usando un adherente sintético (goma loca), una llave de triple paso y una extensión conectada a la jeringa con solución heparinizada, esto con el fin de mantener una vía abierta para administrar las drogas en forma segura y rápida. También se colocó previo a la anestesia y con el caballo en pie un catéter calibre 20G x 48 mm con un tapón heparinizado en la arteria facial transversa para la medición de presión arterial y toma de muestras para realizar los gases sanguíneos (Brock y Hildebrand, 1990; Kerr et al., 1996; Kerr et al., 2004).

A) Xilacina /diazepán /ketamina (Protocolo A)

Una vez posicionado el animal en la sala de derribo, se premedicó al caballo con una dosis de xilacina de 1.1 mg/Kg vía endovenosa. Cinco minutos después, una vez que el nivel de sedación del animal fue adecuado, se procedió a la inducción con una dosis de diazepán 0.04 mg/Kg y ketamina 2.2 mg/Kg, las cuales se administraron mezcladas como un bolo único endovenoso. El animal solamente fue asistido durante el derribo sosteniéndole la cabeza para simular las condiciones de campo y poder observar mejor el comportamiento del paciente al ser anestesiado (Brock y Hildebrand, 1990; Kerr et al., 1996; Kerr et al., 2004).

B) Xilacina, hidrato de cloral, ketamina (Protocolo B)

Una vez posicionado el caballo en la sala de derribo, se premedicó con una dosis de xilacina de 1.1 mg/Kg vía endovenosa. Cinco minutos después, una vez que el nivel de sedación del animal fue adecuado, se inició la administración endovenosa del bolo de hidrato de cloral en dosis de 50 mg/Kg e inmediatamente se procedió a realizar la inducción con un bolo de ketamina de 2.2 mg/Kg por vía endovenosa. El animal solamente fue asistido durante el derribo sosteniéndole la cabeza para simular las condiciones de

campo y poder observar mejor el comportamiento del paciente al ser anestesiado (Brock y Hildebrand, 1990; Kerr et al., 1996; Kerr et al., 2004).

2.4 Monitoreo

Se llevó a cabo una filmación del momento de la inducción y la recuperación para que un observador neutral las calificara posteriormente para efectos de publicación utilizando la escala de 0-4 usada por Kerr et al., 1996.

Inmediatamente después de la inducción se procedió a instrumentar al animal. Esto se llevó a cabo conectando el monitor multiparametros (Monitor Max 1, Cardell) para medir el electrocardiograma (ECG), frecuencia cardiaca (FC), frecuencia respiratoria (FR) y la presión arterial directa.

A la vez se colocaron dos agujas 18G a 1cm por encima de la banda coronaria del casco en miembro anterior que se encontrara dorsal en el animal recumbente. Estas se conectaron al neuroestimulador (Innervator NS252A, New Zealand) para realizar una medición del tiempo de anestesia quirúrgica por medio de un estímulo eléctrico supramáximo, que simulara un estímulo quirúrgico, aplicado a intervalos de 5 minutos. Se utilizó un estímulo eléctrico tetánico de 5 segundos de 100 Hz y 10 mA, si este resultaba negativo se le aplicó un segundo estímulo a 20 mA (Kerr et al., 1996).

Por medio del catéter instalado en la arteria facial transversa, se monitoreó la presión arterial diez minutos antes del derribo para determinar una línea basal y durante la anestesia a intervalos de cinco minutos. Además por esta misma vía se tomaron las muestras para realizar las determinaciones de los gases arteriales y electrolitos (i-STAT Portable Clinical Analyzer + cartuchos EG7+) lo cual se hizo tanto 15 minutos previo a la anestesia como 10 minutos posterior a la inducción (Brock y Hildebrand, 1990; Kerr et al., 1996; Kerr et al., 2004).

Todos los parámetros tomados durante la anestesia, a excepción de los gases arteriales y los electrolitos que fueron solamente dos muestras, se tomaron previo y posterior al estímulo eléctrico. Esto con el fin de poder determinar el tiempo real de

anestesia quirúrgica, ya que un aumento de mas de 10 puntos en la presión arterial, nistagmo, movimientos de orejas o movimientos voluntarios de las extremidades demostraba que a pesar de que el animal seguía recumbente el tiempo de anestesia quirúrgica había terminado.

Cuando estos signos significativos del final de la anestesia aparecían, se procedió a retirar todo el equipo de monitoreo y se cerró la sala de recuperación, dejando al animal tranquilo para que se levantara por si solo sin ningún tipo de estímulo externo.

Se procedió a filmar al animal en el momento que pasara a decúbito esternal o se levantó de un solo movimiento, documentando estos tiempos para medir el tiempo total de recumbencia y la calidad de la recuperación.

3. RESULTADOS

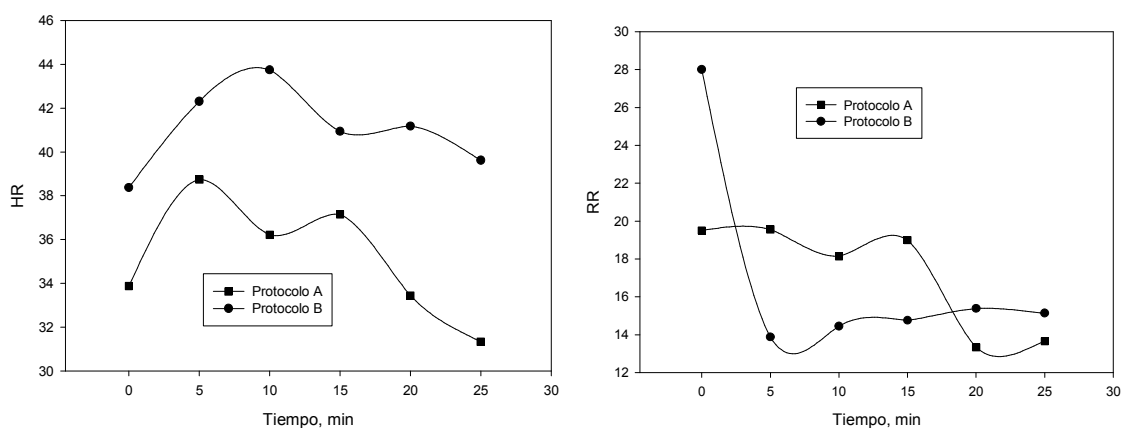
Se encontró que el protocolo B mantiene al equino bajo anestesia quirúrgica por 5 minutos más en promedio ($23.13 \text{ minutos} \pm 2.59$) que el protocolo A ($18.13 \text{ minutos} \pm 6.51$) lo que da un valor estadísticamente significativo de $p < 0,06$, además de proveer un tiempo promedio de recuperación de $36.25 \text{ minutos} \pm 11.52$ contra $30,75 \text{ minutos} \pm 10.65$ de la mezcla con diazepam (Ver cuadro 1)

Cuadro 1. Tiempos de Anestesia (minutos)				
Protocolo A				
Variable	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Anestesia	18,13	6,51	5	25
Esternal	23	7,1	11	32
En Pie	30,75	10,65	15	46

Protocolo B				
Variable	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Anestesia	23,13	2,59	20	25
Esternal	29,8	2,77	26	33
En Pie	36,25	11,52	23	59

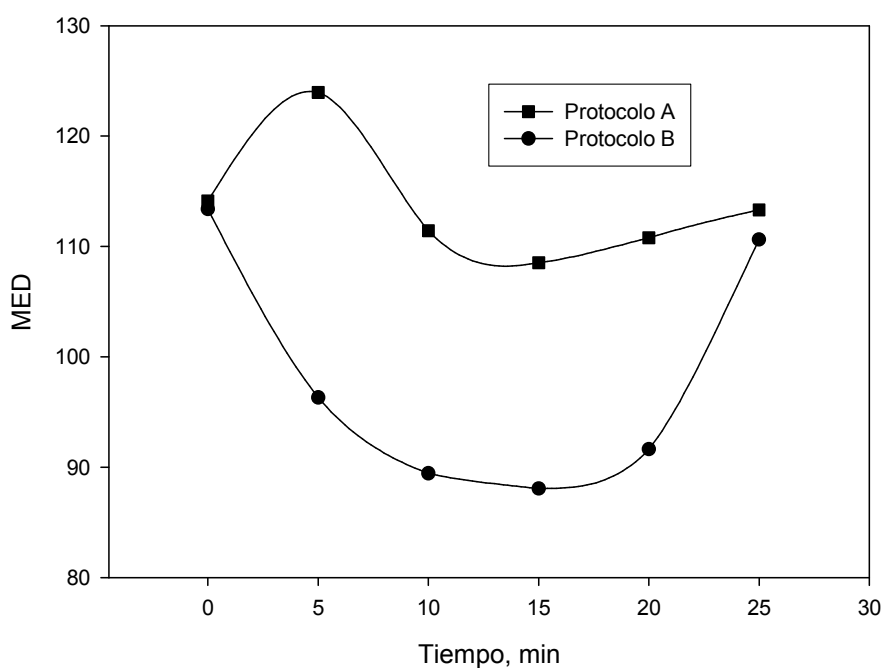
Además la frecuencia cardiaca en promedio para el protocolo A fue 41.44 ± 5.95 y para el protocolo B fue 36.13 ± 5.79 , entre los cuales se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los animales utilizados en el estudio y entre los protocolos (ambos $p < 0.01$) (Ver figura 1). Al comparar la frecuencia respiratoria se observó que hubo también una diferencia estadísticamente significativa entre los protocolos y entre los animales ($p < 0.01$) (Ver figura 1).

Figura 1. Grafico promedios Frecuencia Cardiaca (HR) y Frecuencia Respiratoria (RR)



Resultados similares se encontraron con respecto a las presiones, ya que para el protocolo A el promedio de las presiones fueron: Sistólica 133.88, Diastólica 98.98, Media 114.36, contra las presiones del protocolo B: Sistólica 115.10, Diastólica 81.79, Media 95.49, dando resultados que mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$ entre los 3 parámetros de las presiones para ambos protocolos) y se mantuvieron todos dentro de parámetros fisiológicos reportados por la literatura (Ver figura 2).

Figura 2. Grafico Presión Media en mmHg.



Con respecto a los gases arteriales y electrolitos no se encontraron diferencias importantes entre los protocolos ($p > 0.05$). Por ejemplo se obtuvieron promedios similares para pH de 7.41 con el protocolo A versus 7.40 con el protocolo B, para HCO_3 de 28.53 con el protocolo A versus 27.87 con el protocolo B, saturación de O_2 de 88.71 con el protocolo A versus 87.14 con el protocolo B. También los resultados para el oxígeno arterial fueron aceptables ya que con el protocolo A pasaron de 79.00 a 56.71 mientras que con el protocolo B pasaron de 83.12 a 54.85. Igual para el CO_2 arterial, donde con el protocolo A fue de 39.93 a 46.10 y con el protocolo B pasaron de 39.19 a 45.76 dando diferencias importantes ($p < 0.01$) entre la muestra basal y la muestra tomada durante la anestesia pero no entre los protocolos. Además no se encontraron cambios significativos ($p > 0.05$) para sodio, potasio, calcio ni en el exceso de base de los animales (Ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedios de Gases Arteriales y Electrolitos

Protocolo A				
Variable	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
pH	7,44	0,04	7,38	7,52
PaCO_2	42,81	4,94	33,9	50
PaO_2	68,6	12,47	49	89
Be	4,6	1,68	2	8
HCO_3	28,47	1,99	24,3	31,8
tcO_2	30,07	1,71	28	33
spO_2	92,67	4,35	85	98
Na	133,93	1,98	131	138
K	3,55	0,4	2,6	4
Ca	1,52	0,17	1,27	1,96

Protocolo B				
Variable	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
pH	7,42	0,04	7,35	7,51
PaCO ₂	42,25	4,87	35	50,5
PaO ₂	69,93	15,41	48	90
be	3	2,42	-1	7
HCO ₃	27,43	2,12	24,1	31,4
tcO ₂	28,73	2,28	25	33
spO ₂	92,13	5,46	81	98
Na	132,6	4,34	124	143
K	3,73	0,36	3	4,2
Ca	1,48	0,09	1,35	1,63

Sobre las complicaciones que tuvimos en el presente estudio la mayoría fueron de índole técnico (cámara sin baterías, medidor de gases descalibrado, fallos en piezas desechables del equipo de monitoreo) pero fueron rápidamente solucionados y no afectaron los resultados del estudio. El único caso en el que se presentó una complicación con uno de los caballos fue al momento de administrar la ketamina, ya que este se sacó el catéter de la vía con un movimiento de la cabeza, lo que causó que la droga se extravasara al espacio subcutáneo causando una absorción muy lenta de la misma y por ende una inducción de mala calidad.

4. DISCUSION

La calidad de la anestesia y la seguridad cardiorrespiratoria de la anestesia general en equinos al adjuntar hidrato de cloral como parte de un régimen anestésico de anestesia balanceada no ha sido reportada en la literatura científica reciente.

En el presente estudio se encontró que para ambos protocolos anestésicos se dieron buenas inducciones y recuperaciones y una relajación muscular adecuada. Además se dieron cambios hemodinámicos y respiratorios significativos pero consistentes con la literatura, con lo que se demostró que al agregar hidrato de cloral en vez de diazepam en conjunto con xilacina y ketamina se provee una buena anestesia, segura para el animal y con 5 minutos más de tiempo de anestesia quirúrgica (Brock y Hildebrand, 1990; Kerr et al., 1996; Kerr et al., 2004; Muir et al., 2000).

Podemos afirmar esto porque todos los parámetros medidos se mantuvieron dentro de los rangos fisiológicos normales. Las frecuencias cardíacas y respiratorias fueron constantes y estables dentro de los parámetros normales con diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos. Inclusive, aunque en la presión arterial media hay una diferencia de 20 puntos menos de promedio en el protocolo con hidrato de cloral, aún así se considera que una presión media de 90 mmHg durante la anestesia general es muy buena (Brock y Hildebrand, 1990; Kerr et al., 1996; Kerr et al., 2004; Muir et al., 2000).

Con respecto a los gases arteriales, el más importante a considerar normalmente es el oxígeno arterial, que aunado a la presión arterial nos da una idea de la perfusión de los tejidos. Esto en equinos anestesiados es de suma importancia, ya que bajas presiones arteriales con bajos niveles de oxígeno arterial debido a depresión del sistema respiratorio, mala relación entre la oxigenación y la perfusión pulmonar por decúbito lateral o dorsal, poca o ninguna suplementación de oxígeno, compresión por recumbencias muy largas con mal posicionamiento y mala perfusión muscular se han asociado con rabdomiólisis, dificultad para levantarse, fracturas y muerte. Otro gas arterial a considerar es el CO₂, ya que este aumenta inversamente proporcional a la ventilación alveolar lo que nos sirve como indicador de la función pulmonar. En el presente estudio se mantuvo el patrón reportado por otros autores en el cual los niveles de oxígeno arterial disminuyeron y los de

CO₂ aumentaron levemente, pero se mantienen dentro de los parámetros reportados como aceptables por la literatura sin exconstrar diferencias significativas entre los protocolos. Además, al ser una anestesia de corta duración los problemas por mala perfusión y oxigenación suelen ser infrecuentes (Muir et al., 1977; Kerr et al., 1996; Kerr et al., 2004; Muir et al., 2000; Doherty y Valverde, 2006).

Sobre el pH, balance electrolítico y los iones que fueron medidos, se encontró una gran variedad en los datos recopilados, sin diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos, los animales y el momento en que fue tomada la muestra (muestra basal o durante la anestesia) siendo esto típico de las diferencias propias entre los animales, procedencia, estado fisiológico; pero se demostró que todos estos resultados están dentro de los parámetros fisiológicos normales y muestran diferencias reales que no son indicativas de un cambio serio en la homeostasis del animal (Kerr et al., 1996; Kerr et al., 2004).

Con respecto a la calidad y tiempo de la anestesia los resultados se repitieron según lo observado previamente en campo (Estrada, 2006; Montero, 2006). Las inducciones fueron exitosas y suaves, sin forcejeos y con el animal alcanzando la recumbencia y una buena relajación muscular en menos de 1 minuto. Además las recuperaciones en todos los animales fueron bastante fluidas y sin demostrar excitación. El tiempo de anestesia quirúrgica fue de 5 minutos más en el protocolo B, ya que como se demostró en este estudio y lo reporta la literatura, la combinación de xilacina /diazepán /ketamina normalmente solo da 15 minutos de anestesia quirúrgica en promedio (Brock y Hildebrand, 1990; Kerr et al., 1996; Kerr et al., 2004).

Sobre el problema de la extravasación de la ketamina, esto ocurrió por que en Costa Rica es difícil conseguir catéteres de 5.25 pulgadas de largo (133mm), ideales para realizar infusiones intravenosas en equinos y otras especies mayores y que son comúnmente utilizados en otros países, por lo que nos vimos obligados a usar catéteres de 2.25 pulgadas (57mm) que son muy cortos para animales tan grandes como los caballos (Kerr et al., 1996). En este caso particular al caballo se le aplicó una dosis extra de ketamina endovenosa para asegurar su inducción adecuada y se dejó que se recuperara por si solo, pero no se incluyó en el estudio.

5. CONCLUSIONES

Se encontró que ambos protocolos brindan un nivel de buena seguridad cardiorrespiratoria ya que todos los datos recopilados se encontraron dentro de los parámetros aceptados por la literatura como buenos.

Se determinó que el protocolo con hidrato de cloral si produce 5 minutos más de tiempo de anestesia quirúrgica, sin representar un peligro al momento de la recuperación para el caballo y el técnico o veterinario.

Con respecto a los costos la dosis de diazepam utilizada para un caballo de 400kg es de 20mg, esto con un costo aproximado de 2500 a 3000 colones, mientras que la dosis de hidrato de cloral para un caballo del mismo peso ronda los 1500 colones, por lo cual se puede aseverar que es una técnica económica y aplicable en nuestro medio.

6. RECOMENDACIONES

Vale la pena hacer la aclaración que el tiempo total de anestesia quirúrgica se puede ampliar para ambos protocolos suministrando bolos de xilacina-ketamina de 1/3 o 1/2 dosis hasta un máximo del doble de la dosis total (Kerr et al., 1996; Kerr et al., 2004; Doherty y Valverde, 2006). Esto nos permite realizar procedimientos rápidos de campo, como castraciones o cirugías menores que no requieran de más de 30-40 minutos de anestesia. La recomendación general de la literatura es que nunca se debe exceder el doble de la dosis total ya que se da una potenciación de los fármacos que suele producir recuperaciones prolongadas o violentas (Muir y Hubbell, 1991; Hall et al., 2001; Bertone y Horspool, 2004; Doherty y Valverde, 2006).

Entre las otras posibles complicaciones mencionadas en la literatura científica especializada se pueden incluir la extravasación de la solución de hidrato de cloral, la cual es muy irritante y puede producir flebitis e inflamación perivascular y tisular subyacente; recumbencias muy largas y mal manejo peri-operatorio donde se pueden presentar otras patologías como rabdomiólisis, lesiones nerviosas por compresión, lesiones de ligamentos y tendones, fracturas e inclusive muerte (Muir y Hubbell, 1991; Hall et al., 2001).

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Allen, D. 1998. Anesthesia. p. 341-596, *In* D., Allen. Handbook of veterinary drugs. 2nd. ed. Lippincott Williams and Wilkins, Canada.
- Auben, M. 2002. Field anesthetic techniques for use in horses. *Compend. Cont. Educ. Proc. Vet.* 24: 411-415.
- Bertone, J., & L. Horspool, 2004. Equine clinical pharmacology. 1st. ed, Saunders, Londres, UK.
- Bill, R.L. 1997. Pharmacology for veterinary technicians. 2nd. ed. Mosby-Year Book. US.
- Boschini, C. 2006. Comunicación personal con el Lic. Carlos Boschini. Director de la Estación Experimental de Ochomogo. UCR, San Jose, C.R. Feb 15.
- Brock, N., & S.V. Hildebrand. 1990. A comparison of xylazine-diazepán-ketamine and xylazine-guaifenesin-ketamine in equine anesthesia. *Vet. Surg.* 19: 468-474.
- Cornick, J. 2001. Veterinary anesthesia. 1st. ed. Butterworth Heinemann, US.
- Doherty, T. & A. Valverde. 2006. Manual of equine anesthesia & analgesia. 1st. ed. Blackwell, US.
- Eades, S.C., & D.I. Bounous, 1997. Hematologic diseases. p. 193-212, *In* Eades, S.C., & D.I. Bounous. Laboratory profiles of equine diseases. 1st. ed. Mosby, US.
- Estrada, J.M. 2000. Una técnica de anestesia general intravenosa para equinos, recomendaciones prácticas. *Cien. Vet.* 23: 57-60.
- Estrada, J.M. 2006. Comunicación personal con el Dr. Juan Manuel Estrada Umaña. Coordinador de la Cátedra y Hospital de Especies Mayores, Escuela de Medicina Veterinaria, UNA, Heredia, C.R. Ago. 20.
- Estrada, R. 1985. Combinación de hidrato de cloral-tiobarbitúrico como agente anestésico intravenoso en equinos: comunicación de 120 casos. *Cien. Vet.* 8: 22-30.
- Gangl, M., S. Grulke, J. Detilleux, & D. Serteyn. 2001. Comparison of thiopentone/guaifenesin, ketamine/guaifenesin and ketamine/midazolam for the induction of horses to be anesthetised with isoflurane. *Vet. Rec.* 149: 147-151.
- Gill, J. 1978. Diseño y análisis de experimentos en las ciencias animal y medicas. Vol 1. 2nd ed. Iowa St. University Press, US.
- Hall, L.W., K.W. Clarke, & C.M. Trim. 2001. Veterinary anaesthesia. 1st. ed. W.B. Saunders, Londres, UK.
- Hinchcliff, K.W., A.J. Kaneps, & J.G. Raymond. 2004. Equine sports medicine and surgery. 1st. ed. Saunders, Londres, UK.

- Hubbell, J. 1999. Options for field anesthesia in the horse. p.120-122. *In* AAEP Proceedings, US.
- Kaminsky, D. 1992. Efectos sedativos y cardiorespiratorios de la combinación acetilpromacina/detomidina en el caballo. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional. Heredia, CR.
- Keegan, R.D. 2005. Inhalant anesthetics : the basics. [en línea]. Gleed R.D. (ed.). College of Veterinary Medicine, Washington State University, Pullman, Washington, USA.
http://www.ivis.org/advances/Anesthesia_Gleed/keegan/chapter.asp?LA=1 (Consulta: 15 set. 2005).
- Kern, S. 2002. Pharmacokinetic and pharmacodynamic modeling for optimizing analgesic and anesthetic delivery. [en línea]. University of Utah, Salt Lake City, UT, USA.
http://www.ivis.org/proceedings/mayday/Kern/chapter_frm.asp?LA=1. (Consulta: 15 set. 2005).
- Kerr, C., W. McDonell, & S. Young. 1996. A comparison of romifidine and xylazine when used with diazepam/ketamine for short duration anesthesia in the horse. *Can. Vet. J.* 37: 601-609.
- Kerr, C., W. McDonell, & S. Young. 2004. Cardiopulmonary effects of romifidine/ketamine or xylazine/ketamine when used for short duration anesthesia in the horse. *Can. J. Vet. Res.* 68: 274-282.
- Kruse-Elliott, K. 2002 Clinical application of analgesic techniques. [en línea]. Ludders J.W. (ed.) International Veterinary Information Service, Ithaca NY, US.
http://www.ivis.org/proceedings/mayday/Kruse/chapter_frm.asp?LA=1. (Consulta: 15 set. 2005).
- Mama, K.R. 2000. Anesthetic management of the horse : intravenous anesthesia [en línea]. Steffey E.P. (ed.) Department of Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, US.
http://www.ivis.org/advances/Steffey_Anesthesia/mama_horse/chapter_frm.asp?LA=1. (Consulta: 15 set. 2005).
- Mama, K.R. 2004. Evaluation of xylazine and ketamine for total intravenous anesthesia in horses. *Am J Vet Res*; 6: 1002-1007.
- Matthews N.S., M.R. Slater, S.M. Hartsfield, & C.E. Short. 1993. A comparison of xilazine/ketamine and detomidine/ketamine anaesthesia in horses. *J. Vet. Anaesth.*, 20: 68-72.
- Montero, J. 2006. Comunicación personal con en Dr. Javier Montero Umaña. Profesor Instructor Licenciado en la Cátedra de Medicina Interna de Mayores, Escuela de Medicina Veterinaria, UNA. Heredia, C.R. Mar. 10.
- Muir, W., & J. Hubbell. 1991. Equine anesthesia. 1st. ed. Mosby, St. Louis, US.
- Muir, W., & J. Hubbell. 2001. Manual de anestesia veterinaria. 3rd. ed. Harcourt. Madrid, España.

- Muir, W., P. Lerche, J.T. Robertson, J. Hubbell, W. Beard, T. Miller, B. Badgley & V. Bothwell. 2000. Comparison of four drug combinations for total intravenous anesthesia of horses undergoing surgical removal of an abdominal testis. JAVMA, Vol. 217, No. 6: 869-873.
- Muir, W., R.T. Sarda, D.W. Milne. 1977. Evaluation of xylazine and ketamine hydrochloride for anesthesia in horses. J. Am. Vet. Med. Assoc., 38 : 195-201.
- Papich, M. 2002. Handbook of veterinary drugs. 1st. ed. Saunders, US.
- Plumb, D. 2002. Veterinary drug handbook. 4th. ed. Iowa State Press, US.
- Riebold, T.W., D.R. Geiser, & D.O. Golble. 1995. Large animal anesthesia., 1st. ed. Iowa State University Press, Iowa, US.
- Robert, B. 1997. General aenesthesia. p. 168-196., *In* B., Roberts. Pharmacology for veterinary technicians. 1st. ed. Mosby. St. Louis, US.
- Rose, R.J. 2000. Manual of equine practice. 2nd. ed. Saunders, US.
- Sumano, H. 1997. Farmacología veterinaria. 2nd. ed. McGraw-Hill, Mexico.
- Wagner, A. 2000 Focused supportive care : blood pressure and blood flow during equine anesthesia [en linea]. Steffey E.P. (ed.) Department of Clinical Sciences, Veterinary Teaching Hospital, College of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, US.
http://www.ivis.org/advances/Steffey_Anesthesia/Wagner_supportive_equine/chapter_frm.asp?LA=1. (Consulta: 15 set. 2005).