

Contención Farmacológica de Perezosos de dos dedos *Choloepus hoffmanni* (Peters, 1858) Mediante el uso de Ketamina, Dexmedetomidina y Midazolam, y Reversión Con Atipamezol

Author: Moreno, Gianmarco Rojas

Source: Edentata, 12(1) : 20-27

Published By: IUCN/SSC Anteater, Sloth and Armadillo Specialist Group

URL: <https://doi.org/10.5537/020.012.0104>

The BioOne Digital Library (<https://bioone.org/>) provides worldwide distribution for more than 580 journals and eBooks from BioOne's community of over 150 nonprofit societies, research institutions, and university presses in the biological, ecological, and environmental sciences. The BioOne Digital Library encompasses the flagship aggregation BioOne Complete (<https://bioone.org/subscribe>), the BioOne Complete Archive (<https://bioone.org/archive>), and the BioOne eBooks program offerings ESA eBook Collection (<https://bioone.org/esa-ebooks>) and CSIRO Publishing BioSelect Collection (<https://bioone.org/csiro-ebooks>).

Your use of this PDF, the BioOne Digital Library, and all posted and associated content indicates your acceptance of BioOne's Terms of Use, available at www.bioone.org/terms-of-use.

Usage of BioOne Digital Library content is strictly limited to personal, educational, and non-commercial use. Commercial inquiries or rights and permissions requests should be directed to the individual publisher as copyright holder.

BioOne is an innovative nonprofit that sees sustainable scholarly publishing as an inherently collaborative enterprise connecting authors, nonprofit publishers, academic institutions, research libraries, and research funders in the common goal of maximizing access to critical research.

Contención farmacológica de perezosos de dos dedos *Choloepus hoffmanni* (Peters, 1858) mediante el uso de ketamina, dexmedetomidina y midazolam, y reversión con atipamezol

GIANMARCO ROJAS MORENO

Parque Zoológico Huachipa, Av. Las Torres s/n, Ate Vitarte Lima, Perú; y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Científica del Sur, Panamericana Sur km 19, Lima, Perú. E-mail: gianmarco_rojas@yahoo.com

Resumen Se anestesiaron nueve perezosos de dos dedos (*Choloepus hoffmanni*) de ambos sexos, distintas edades y clínicamente sanos, mantenidos en el Parque Zoológico Huachipa, Perú. Se les aplicó una asociación de ketamina ($2,67 \pm 0,25$ mg/kg), dexmedetomidina (12 ± 4 μ g/kg) y midazolam (0,1 mg/kg) en una única jeringa por la vía intramuscular. Cada 10 minutos se registró la frecuencia cardíaca; saturación de oxígeno; presión arterial no invasiva; frecuencia respiratoria y temperatura rectal. Se evaluaron también algunos aspectos relacionados a la calidad anestésica: tiempo de inducción, período hábil de anestesia, tiempo de recuperación, grado de relajación muscular, presencia o ausencia de salivación y de reflejos de protección. Luego de 50 minutos de iniciada la anestesia, se revirtieron los efectos de la dexmedetomidina con atipamezol ($0,22 \pm 0,05$ mg/kg) por la vía intramuscular. Se obtuvieron un rápido tiempo de inducción (6 ± 3 min), un período hábil de anestesia de 50 min, una recuperación sin excitación y rápida después la aplicación del atipamezol, iniciándose a los 8 ± 4 min y con recuperación total a los 10 ± 4 min. Se obtuvo un buen relajamiento muscular, con preservación de los reflejos de defensa y no se observó salivación. No hubo alteraciones significativas de las funciones vitales y no hubo diferencias significativas en relación al tiempo de monitoreo, al sexo o a la edad de los animales ($p \leq 0,05$). Basado en los resultados obtenidos se considera este protocolo como una excelente opción para la contención farmacológica de perezosos de dos dedos.

Palabras clave: Anestesia, parámetros fisiológicos, dexmedetomidina, ketamina, midazolam, Xenarthra.

Chemical immobilization of two-toed sloths *Choloepus hoffmanni* (Peters, 1858) using ketamine, dexmedetomidine and midazolam, and reversal with atipamezole

Abstract Nine captive, clinically healthy two-toed sloths (*Choloepus hoffmanni*) of both genders and different ages were anesthetized at the Zoological Park of Huachipa in Peru. The anesthetic cocktail administered was composed of ketamine (2.67 ± 0.25 mg/kg), dexmedetomidine (12 ± 4 μ g/kg) and midazolam (0.1 mg/kg), mixed in the same syringe and applied via intramuscular injection (IM). Ten minutes after initial injection, cardiac frequency, oxygen saturation, non-invasive arterial blood pressure, respiratory frequency, and rectal temperature were monitored every 10 minutes. The following parameters related to anesthetic quality were also assessed: induction time, effective period of the anesthesia, recovery time, muscle relaxation score, presence or absence of salivation, and protection reflexes. After 50 minutes of anesthesia, dexmedetomidine was reverted with atipamezole (0.22 ± 0.05 mg/kg), administered IM. A rapid time of induction of 6 ± 3 min was observed along with an effective period of anesthesia of 50 minutes. Recovery was rapid and without excitement. Recovery time started 8 ± 4 min after administration of atipamezole, and total recovery was achieved at 10 ± 4 min. A good muscle relaxation, maintenance of defense reflexes, and no salivation were observed. No significant alterations of vital functions and no significant differences ($p \leq 0.05$) in relation to time of monitoring, gender or age were observed. Based on the results, this protocol could be considered as an excellent choice for pharmacological contention of two-toed sloths.

Keywords: Anesthesia, dexmedetomidine, ketamine, midazolam, physiological parameters, Xenarthra

INTRODUCCIÓN

Los perezosos de dos dedos *Choloepus* spp. (Pilosa: Choloepodidae) presentan particularidades fisiológicas que incluyen un bajo metabolismo basal (McNab, 1985), poiquilotermismo (Britton, 1941), un estómago similar al de un rumiante (Goffart, 1971) y la posibilidad de soportar largos períodos de apnea (Irving *et al.*, 1942). Los perezosos pueden ser contenidos e inyectados manualmente para la inmovilización mientras están descansando (West *et al.*, 2007). Sin embargo, a pesar de su apariencia apacible, suelen ser muy agresivos y pueden causar varias lesiones al manejador.

Uno de los protocolos anestésicos utilizados en cautiverio es el uso de anestesia inhalatoria con sevoflurano, aunque la capacidad de los perezosos de permanecer en apnea por períodos de tiempo prolongados hace de esta técnica una opción muy dificultosa (Irving *et al.*, 1942; West *et al.*, 2007).

Los reportes del uso de combinaciones anestésicas incluyen al pentobarbital sódico usado sólo o asociado a la acepromazina (Meritt, 1972, 1974; Toole, 1972; Wallach *et al.*, 1983). La ketamina también ha sido usada de manera aislada o en asociación a otros anestésicos como la acepromazina, el diazepam, la xilazina (Rappaport & Hochman, 1988; Gillespie, 1993; Wallace & Oppenheim, 1996; Vogel *et al.*, 1998) o tiletamina / zolazepam (Vogel *et al.*, 1998), y más recientemente se ha reportado con gran éxito el uso de la ketamina asociada a la medetomidina, siendo esta última antagonizada con atipamezol (Vogel *et al.*, 1998; Hanley *et al.*, 2008).

La combinación de la acepromazina con ketamina promueve una anestesia insatisfactoria, muy superficial y con poco relajamiento muscular (Massone, 2008). La ketamina asociada a un alfa₂-agonista promueve una anestesia con buen relajamiento muscular y analgesia, pudiendo ocurrir bradicardia, y con la medetomidina también se ha reportado bradipnea (Massone, 2008). La asociación de ketamina y medetomidina usada por la vía intramuscular es considerada una excelente opción para trabajos en campo con animales de vida libre debido a la reversibilidad de la medetomidina y principalmente por presentar menos efectos deletéreos en comparación a la xilazina (Vogel *et al.*, 1998; Hanley *et al.*, 2008). La combinación de ketamina y midazolam es también una buena elección para inmovilizaciones de corta duración (West *et al.*, 2007). Todas las asociaciones con ketamina, con excepción de la combinación con acepromazina, promueven anestesia disociativa de alrededor de 40 minutos de duración (Vogel *et al.*, 1998). El uso de la asociación comercial de tiletamina / zolazepam por vía intramuscular es un protocolo seguro y efectivo para condiciones de cautiverio, pero presenta una recuperación prolongada (West *et al.*, 2007). Promueve un anestesia profunda con buen relajamiento muscular,

aunque en algunos casos puede llegar a causar depresión respiratoria (Massone, 2008). En general los perezosos pueden requerir confinamiento durante la recuperación hasta que puedan nuevamente asirse a las ramas por sus propios medios (West *et al.*, 2007). El tiempo de recuperación depende, entre otras cosas, del protocolo empleado para la inmovilización de los animales.

La asociación de ketamina, dexmedetomidina y midazolam como protocolo de inmovilización farmacológica permite el uso de poco volumen y una fácil aplicación por la vía intramuscular. Además, esta mezcla ofrece un corto período de inducción, con buena tranquilización, buen relajamiento muscular y mínimos efectos deletéreos en las constantes fisiológicas de los animales. Otra ventaja de esta combinación de anestésicos es que se puede lograr una recuperación rápida y sin accidentes luego de la reversión del alfa₂-agonista, permitiendo la rápida liberación de los animales una vez concluido el procedimiento deseado. Sin embargo, el uso de la asociación de ketamina, dexmedetomidina y midazolam, y su reversión con atipamezol, no ha sido descrita en perezosos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue probar la efectividad, practicidad de uso y seguridad de esta asociación como protocolo de inmovilización farmacológica para perezosos de dos dedos *Choloepus hoffmanni*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

Se emplearon nueve ejemplares de perezosos de dos dedos de distintas edades (siete adultos y dos jóvenes), de ambos sexos (siete y dos machos), clínicamente sanos, con peso promedio de 6,8±2,4 kg. Estos animales conformaban la totalidad de la colección de perezosos mantenidos en cautiverio en el Parque Zoológico Huachipa en Lima, Perú.

Drogas anestésicas

Se emplearon 2,67±0,25 (2,5–3) mg/kg de clorhidrato de ketamina (Ketaminol 10, Intervet International B.V., European Union), 12±4 (10–20) µg/kg de clorhidrato de dexmedetomidina (Dexdomitor, Orion Pharma, Espoo, Finlandia) y 0,1 mg/kg de maleato de midazolam (Midanex, Laboratorios AC FARMA S.A., Lima, Perú). Para la reversión de los efectos de la dexmedetomidina se empleó 0,22±0,05 mg/kg de clorhidrato de atipamezol (Antisedan, Orion Pharma, Espoo, Finlandia).

Procedimientos generales

Los animales fueron inmovilizados por contención manual. En todos los ejemplares, el protocolo anestésico se aplicó mediante inyección en la región del muslo, correspondiente a los músculos bíceps femoral y semitendinoso, utilizando una única jeringa conteniendo la asociación. La inducción se realizó en un lugar silencioso, evitando estímulos externos que

podrían alterar el tiempo y la calidad de la inducción. La temperatura ambiental durante la realización del procedimiento fue de 24,1 a 25,1 °C. La humedad relativa ambiental en el mismo recinto osciló entre 67 y 76% durante todo el procedimiento.

Luego de aproximadamente 50 minutos de la aplicación del protocolo anestésico inicial, fue realizada la reversión de los efectos de la dexmedetomidina con atipamezol por la vía intramuscular. Todos los ejemplares fueron sometidos a examen físico-clínico, radiológico, ecográfico abdominal y colecta sanguínea por punción de la vena femoral como parte del manejo sanitario de rutina de los animales de la colección del zoológico.

Durante la anestesia fueron evaluados los siguientes parámetros: frecuencia cardíaca (FC) mediante auscultación directa con estetoscopio pediátrico; frecuencia respiratoria (FR) por conteo visual; temperatura rectal (TR) con termómetro-higrómetro ambiental digital (Modelo 63-1032, RadioShack, Fort Worth, USA); presión arterial no invasiva (presión arterial sistólica [PAS], presión arterial media [PAM] y presión arterial diastólica [PAD]) mediante colocación de Doppler vascular (Modelo DV 610, MEDMEGA, São Paulo, Brasil) y brazalete de tensiómetro pediátrico (CRITIKON CUFF N°5, Johnson & Johnson Medical Inc., Arlington, USA) sobre la arteria braquial en el brazo del animal conectado a un esfigmomanómetro pediátrico (Riester Minimus III pediátrico, Riester, Jungingen, Alemania). Además se tomaron datos de Saturación de Oxígeno (SatO₂) con pulsoxímetro (Modelo Jerry II-AA, Shanxi Jerry Medical Instrument Co. Ltd., Taiyuan, China) y utilizando sensor de pinza en la lengua de todos los animales (FIG. 1).

También se evaluaron el relajamiento muscular (0 sin relajamiento; 1 leve; 2 moderado, 3 óptimo), presencia o ausencia de reflejo palpebral lateral (RPL), medial (RPM) y de deglución (RD), y el grado de



FIGURA 1. Perezoso de dos dedos *Choloepus hoffmanni* durante monitoreo anestésico de presión arterial, oximetría de pulso y temperatura rectal.

sedación (0 sin sedación; 1 leve sedación; 2 óptima sedación). La toma de datos se realizó cada 10 minutos después de la aplicación del protocolo anestésico. Después de transcurridos 50 minutos de anestesia hábil, se les aplicó atipamezol para revertir los efectos de la dexmedetomidina. Fueron evaluados también los aspectos clínicos relacionados a la calidad anestésica como: calidad de inducción (suave o con excitación); grado de sedación; calidad del plano anestésico (relajamiento muscular, presencia de reflejo palpebral medial y lateral y posición del globo ocular); el tiempo en minutos de recuperación parcial luego de la aplicación del antagonista; la calidad de recuperación (suave o con excitación) y el tiempo de recuperación total.

Análisis estadísticos

Los resultados cuantitativos de todos los parámetros fisiológicos obtenidos fueron descritos en datos de media±desviación estándar (DS) y analizados mediante la prueba de *t de Student* para muestras independientes para las variables de tiempo de anestesia de los animales anestesiados. Se utilizó el programa estadístico SPSS (versión 15.0 para Windows, SPSS Inc., Chicago, USA). Los valores de $p \leq 0.05$ fueron considerados significativos. No se realizaron pruebas estadísticas entre sexos y edades por el bajo número muestral.

RESULTADOS

La inducción fue rápida (6 ± 3 min) y no se observó ningún cuadro de excitación durante la sedación. El protocolo anestésico permitió mantener un período efectivo de anestesia de 50 min. El grado de sedación fue óptimo en todos los animales a partir de los primeros 10 min hasta aproximadamente los 50 min después de la aplicación del protocolo. Se observó un inicio de recuperación a los 8 ± 4 min luego de la aplicación del atipamezol, y una recuperación total desde los 10 ± 4 min de la misma. Se produjo una excelente relajación muscular en todos los ejemplares anestesiados, se preservaron los reflejos de protección (reflejo palpebral lateral y medial, y de deglución) y no se observó salivación excesiva en ninguno de los casos.

Los valores de FC durante el estudio no variaron significativamente durante los experimentos, obteniéndose datos de 59 ± 16 latidos por minuto (lpm) en los primeros 10 min y de 54 ± 18 lpm en los 50 min finales (TABLA 1, FIG. 2). No se observaron diferencias marcadas en cuanto a las medias de FC entre ambos sexos (TABLA 2) ni entre juveniles y adultos (TABLA 3).

Se obtuvieron valores FR que variaron en media de 13 ± 3 respiraciones por minuto (rpm) en los primeros 10 min y fueron disminuyendo ligeramente hasta los 12 ± 2 rpm en los últimos 50 min (FIG. 2). La FR fue similar en machos y hembras, y en juveniles y adultos (TABLA 2, TABLA 3).

Se observó un valor promedio de SatO₂ de 93±2%, obteniendo valores que oscilaron entre 90 y 97% (FIG. 2), siendo que no se encontró variaciones significativas entre el inicio y el final del procedimiento para este parámetro. Tampoco se verificaron diferencias marcadas entre ambos sexos o según el rango de edades (TABLA 2, TABLA 3).

No se registraron alteraciones significativas de TR a lo largo del procedimiento anestésico, siendo que los valores promedios variaron de 31,8±0,8 a

32,5±0,7°C, respectivamente desde el inicio al final del procedimiento (FIG. 2). No se observaron diferencias marcadas entre sexos ni tampoco en relación a la edad de los perezosos (TABLA 2, TABLA 3).

No fue posible la medición de presión arterial de tres animales en todos los momentos de monitoreo debido a problemas técnicos, por lo que estos valores aislados no se tomaron en consideración para la evaluación final de esta constante. En general los valores de PAM no presentaron alteraciones significativas

TABLA 1. Parámetros fisiológicos en perezosos de dos dedos *Choloepus hoffmanni* anestesiados con ketamina/dexmedetomidina/midazolam. Los valores están expresados como media±desvío estándar (DS).

Parámetro	Unidad	Tiempo de monitoreo					Promedio
		10'	20'	30'	40'	50'	
Frecuencia cardíaca	Latidos por minuto	59±16	55±15	55±12	54±18	55±8	56±14
Frecuencia respiratoria	Respiraciones por minuto	13±3	13±2	12±4	13±3	12±2	13±3
Temperatura rectal	°C	31,8 ±0,8	32,5±0,8	32,4±0,8	32,4±0,8	32,5±0,7	32,5±0,8
Saturación de oxígeno	%	93±2	94±1	93±1	94±3	93±2	93±2
Presión arterial sistólica	mmHg	124±6	125±7	125±10	125±8	122±7	124±8
Presión arterial media	mmHg	100±2	100±6	101±5	101±5	99±3	100±4
Presión arterial diastólica	mmHg	77±4	75±6	77±3	76±4	76±3	76±4

TABLA 2. Comparación de parámetros fisiológicos en perezosos de dos dedos *Choloepus hoffmanni* anestesiados con ketamina/dexmedetomidina/midazolam según el sexo. Los valores están expresados como media±desvío estándar (DS).

Parámetro	Unidad	Tiempo de monitoreo									
		10'		20'		30'		40'		50'	
		♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Frecuencia cardíaca ^A	lpm	56±12	72±6	55±14	68±4	55±11	62±9	54±16	61±10	55±6	63±8
Frecuencia respiratoria ^A	rpm	14±4	18±3	15±4	18±3	15±5	16±6	14±4	16±6	15±4	15±8
Temperatura rectal ^A	°C	32,4±1,2	32,4±1,3	32,7±0,9	33,3±0,1	32,6±1,0	33,3±0	32,6±1,0	33,4±0,1	32,5±0,7	33,3±0
Saturación de oxígeno ^A	%	93±1	92±0	93±1	95±1	94±1	95±1	95±1	92±2	94±2	94±0
Presión arterial media ^B	mmHg	100±2	102	99±6	105	99±1	103	100±5	103	99±3	105

A: ♀=7 y ♂=2, B: ♀=5 y ♂=1

TABLA 3. Comparación de parámetros fisiológicos en perezosos de dos dedos *Choloepus hoffmanni* anestesiados con ketamina/dexmedetomidina/midazolam según la edad. Los valores están expresados como media±desvío estándar (DS).

Parámetro	Unidad	Tiempo de monitoreo									
		10'		20'		30'		40'		50'	
		Adulto	Juvenil	Adulto	Juvenil	Adulto	Juvenil	Adulto	Juvenil	Adulto	Juvenil
Frecuencia cardíaca ^A	lpm	60±12	56±16	59±13	55±16	57±9	54±20	55±13	59±26	57±6	53±11
Frecuencia respiratoria ^A	rpm	16±4	12±0	17±4	12±0	15±5	16±6	14±4	16±0	15±5	14±3
Temperatura rectal ^A	°C	32,4±1,3	32,1±0,6	32,9±0,9	32,6±0,3	32,8±1,0	32,5±0,3	32,9±1,0	32,3±0,3	32,7±0,8	32,5±0,1
Saturación de oxígeno ^A	%	93±1	91±1	94±1	93±1	94±1	94±1	93±4	96±3	93±1	94±2
Presión arterial media ^B	mmHg	101±2	98	102±5	93	101±5	99	101±6	100	99±4	101

A: adulto=7 y juvenil=2, B: adulto=5 y juvenil=1

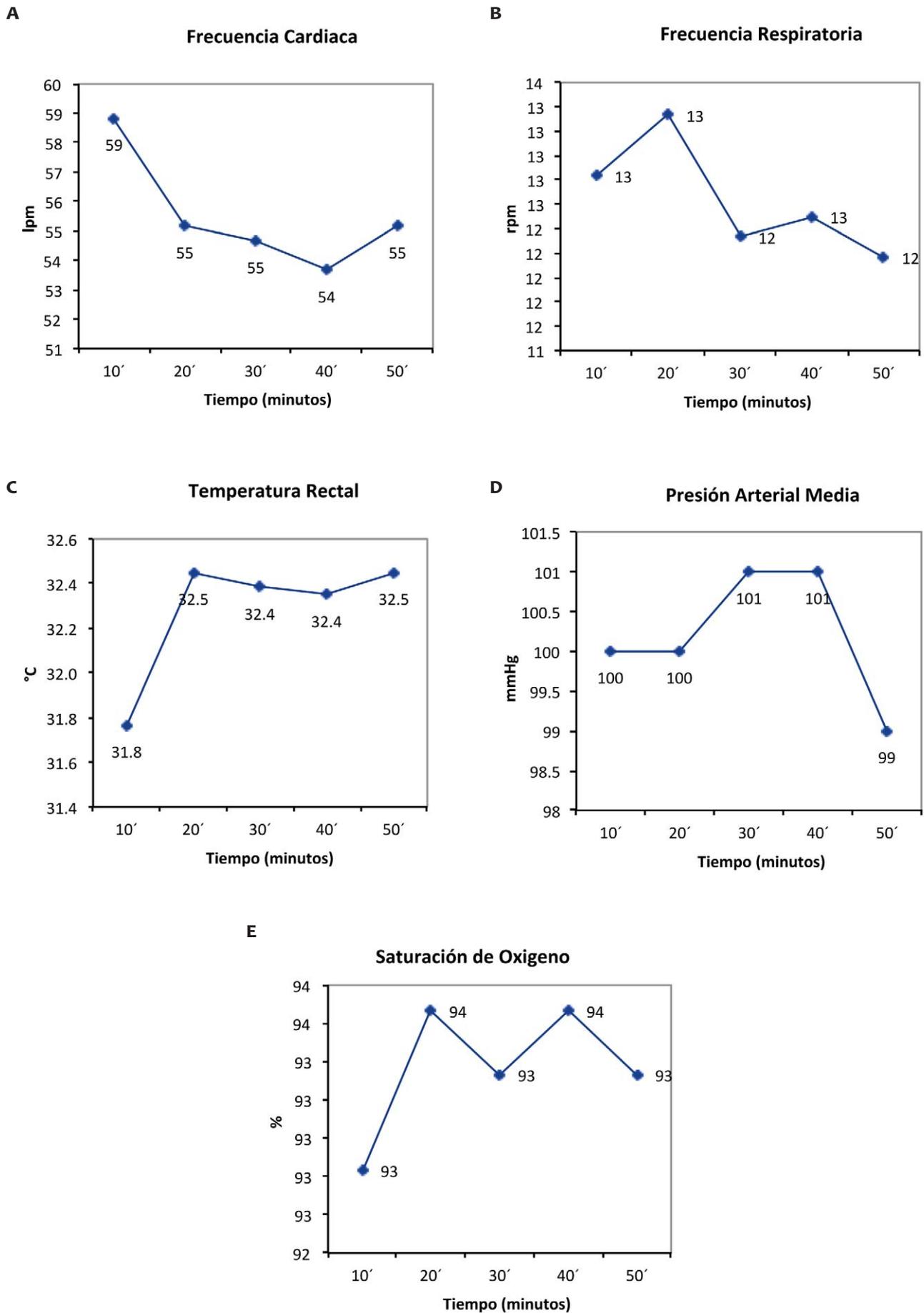


FIGURA 2. Variación media de (A) frecuencia cardíaca, (B) frecuencia respiratoria, (C) temperatura rectal, (D) saturación de oxihemoglobina y (E) presión arterial media durante la anestesia de perezosos de dos dedos *Choloepus hoffmanni* con ketamina/dexmedetomidina/midazolam.

durante el período trans-anestésico (FIG. 2), verificándose un valor promedio de 100 ± 4 mmHg (TABLA 1). Tampoco se observó ninguna diferencia notable para los valores de PAM en cuanto al sexo (TABLA 2) y a la edad de los animales (TABLA 3).

DISCUSIÓN

El período de inducción promedio obtenido en este estudio fue similar a los 6,33 min reportados en animales sedados previamente con ketamina y medetomidina (K / M) (Vogel *et al.*, 1998). Sin embargo, el tiempo de inducción fue mayor a los reportados con otros protocolos anestésicos como ketamina/xilazina (K / X; 3,99 min), ketamina / acepromazina (K / A; 4,13 min) o tiletamina / zolazepam (T / Z; 2,8 min) (Vogel *et al.*, 1998). La asociación de ketamina-dexmedetomidina-midazolam (K / D / Mi) presentó mejores características tanto en la sedación como en el relajamiento muscular que las observadas en trabajos previos con perezosos (Vogel *et al.*, 1998, Hanley *et al.*, 2008). Además, el tiempo de recuperación en este trabajo (10 min) fue notablemente menor comparado con los tiempos de recuperación observados en animales sedados con K / A (29 min) y especialmente con T / Z (76 min) (Vogel *et al.*, 1998), siendo que en algunos casos esta recuperación puede demorar hasta 3 hs (Gilmore *et al.*, 2000). Las dosis de ketamina estuvieron dentro del rango de dosis empleado en estudios previos con *C. didactylus* (Vogel *et al.*, 1998) y *C. hoffmanni* (Hanley *et al.*, 2008).

La dosis de dexmedetomidina empleada en el estudio fue menor que de las dosis empleadas de medetomidina en trabajos previos con el mismo género *Choloepus* (Vogel *et al.* 1998; Hanley *et al.* 2008). La dexmedetomidina se emplea normalmente en la mitad de la dosis de medetomidina para obtener el mismo grado de sedación y tranquilización (Otero, 2005), pero produciendo menos efectos deletéreos debido a las bajas dosis que ésta se emplea. En general los efectos producidos por la dexmedetomidina a nivel cardiorrespiratorio estuvieron dentro de las alteraciones descritas para este fármaco en otras especies, incluyendo bradicardia y bradipnea leves (Hatschbach *et al.*, 2006). Sin embargo, no se registraron alteraciones de consideración en la presión arterial de ninguno de los animales anestesiados. Considerando que el factor estrés podría limitar la acción de los alfa₂-agonistas debido a la ocupación de los receptores alfa₁ y alfa₂ provocada por la liberación de adrenalina y noradrenalina como respuesta al estrés, el uso asociado del midazolam en combinación con ketamina y dexmedetomidina proporciona una buena y rápida inducción y un excelente relajamiento muscular, como ocurre cuando el mismo fármaco es adicionado a la combinación de la ketamina con la medetomidina (Holz, 2007).

En cuanto a los parámetros fisiológicos, los valores de FC obtenidos durante el experimento se

mantuvieron dentro de los valores normales reportados para perezosos (West *et al.*, 2007). Similares valores fueron descritos en estudios anteriores con K / A en *C. didactylus* (Vogel *et al.*, 1998). No se registraron caídas marcadas de la FC como aquellas reportadas en *Choloepus* spp. anestesiados con K / X, K / M y T / Z (Vogel *et al.*, 1998; Hanley *et al.*, 2008). Tampoco se observaron variaciones considerables de la PAM ni al inicio, que corresponderían a un efecto alfa₂-agonista como ocurre normalmente en animales anestesiados con medetomidina o xilazina o la propia dexmedetomidina (Massone, 2008). Estas variaciones tampoco se observaron en *C. hoffmanni* anestesiados con K / M (Hanley *et al.*, 2008), lo cual podría deberse a las bajas dosis de alfa₂-agonistas empleadas durante ambos estudios. La ausencia de alteraciones en la FC y la PAM se tradujo en una mejor calidad anestésica, debido principalmente a que se mantuvo una buena irrigación de los tejidos, incluyendo órganos vitales como el cerebro y los riñones; siendo que en un cuadro de hipotensión severa el tejido neuronal sufre daños irreversibles debido principalmente a la hipoxia tecidual (Nielsen, 1999), y a nivel renal se reduce el flujo sanguíneo renal y la tasa de filtración glomerular (Massone, 2008), situación que disminuiría considerablemente la excreción de los fármacos y aumentaría el tiempo de recuperación anestésica.

Los valores de FR registrados durante el experimento también estuvieron dentro del rango normal descrito para perezosos (West *et al.*, 2007). No se observó la disminución continua de la FR a lo largo de la anestesia, como ocurrió en estudios previos usando la asociación K / M (Vogel *et al.*, 1998; Hanley *et al.*, 2008). Se registraron mejores valores de SatO₂ que los descritos en *C. didactylus* anestesiados con T / Z y K / M, donde se reportaron animales con hipoxemia (SatO₂ ≤ 80%), siendo que el menor valor de oxigenación se reportó en aquellos animales anestesiados con T / Z (Vogel *et al.*, 1998). Por otro lado, se obtuvieron resultados similares a los descritos por Hanley *et al.* (2008) empleando K / M en *C. hoffmanni*. Tanto la estabilidad de los valores de FR y de SatO₂ demuestran que los padrones de ventilación y oxigenación de los tejidos y órganos en general se mantienen estables y no se ven afectados por la combinación farmacológica empleada en el estudio. Esta condición permitiría al organismo de los animales responder mejor al estrés metabólico producido tanto por el procedimiento de captura como por la propia aplicación de los fármacos.

El manejo de la temperatura ambiental durante el trabajo no permitió que hubiera pérdidas de temperatura significativas en ninguno de los animales anestesiados. Bajas temperaturas pueden reducir o bloquear el metabolismo celular, resultando en la supresión de procesos metabólicos vitales (Nielsen, 1999) entre los que se incluyen los procesos de metabolización y consecuente eliminación de los fármacos. Durante el

estudio no se registraron variaciones significativas en la TR en los diferentes tiempos de monitoreo, registrándose apenas un leve aumento de la temperatura entre el inicio y el final del procedimiento, por lo que el metabolismo de los fármacos no se vio afectado en ninguno de los animales. Estos resultados contrastan con los de Vogel *et al.* (1998), quienes describieron una pequeña caída de la temperatura entre el inicio y el final de la anestesia en *C. didactylus* anestesiados en vida libre con K / M, K / X, K / A y T / Z. Por otro lado, los resultados de TR en el presente estudio fueron más próximos a los reportados en un estudio realizado también en un ambiente con temperatura ambiental controlada con *C. hoffmanni* anestesiados con K / M (Hanley *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

La asociación de la ketamina, la dexmedetomidina y el midazolam es una excelente opción para la contención farmacológica y anestesia de perezosos de dos dedos. Esta combinación puede ofrecer una inducción rápida y segura, sin alteraciones considerables de los parámetros fisiológicos, y mostrando además una recuperación bastante rápida luego de la aplicación del atipamezol y sin la presencia de efectos indeseables durante la misma, como la hiperexcitación. El midazolam usado en esta asociación no requeriría ser antagonizado con flumazenil debido a que se emplea en dosis muy bajas y su metabolismo y excreción ocurre a los pocos minutos luego de su aplicación en condiciones normales, siendo que sus efectos habrían desaparecido casi en su totalidad antes de la aplicación del atipamezol. El control adecuado de la temperatura ambiental es un factor clave en el éxito de la anestesia de los perezosos debido a que éstos dependen directamente de la temperatura ambiental para controlar la propia, factor que debe considerarse al trabajar con animales de vida libre. Basado en los resultados obtenidos se considera este protocolo como una excelente opción para la contención farmacológica de perezosos de dos dedos.

REFERENCIAS

- Britton, S. W. 1941. Form and function in the sloth. *Quarterly Review of Biology* 16: 13–34 & 190–207.
- Gillespie, D. S. 1993. Edentata: diseases. Pp. 304–321 in: *Zoo and wild animal medicine current therapy 3* (M. E. Fowler, ed.). W. B. Saunders, Philadelphia.
- Gilmore, D. P., C. P. Da Costa & D. P. F. Duarte. 2000. An update on the physiology of two- and three-toed sloths. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 33: 129–146.
- Goffart, M. 1971. *Function and form in the sloth*. Pergamon Press, Oxford. 225 pp.
- Hanley, C. S., J. Siudak-Campfield, J. Paul-Murphy, C. Vaughan, O. Ramirez, N. S. Keuler & K. K. Sladky. 2008. Immobilization of free-ranging Hoffmann's two-toed and brown-throated three-toed sloths using ketamine and medetomidine: a comparison of physiologic parameters. *Journal of Wildlife Diseases* 44: 938–945.
- Hatschbach, E., F. Massone, G. J. Santos & S. L. Beier. 2006. Parametria da associação do midazolam ou diazepam em cães pré-tratados pela atropina e tratados pela dexmedetomidina e ketamina. *Ciência Rural*, Santa Maria 36: 536–543.
- Holz, P. 2007. Marsupials. Pp. 341–346 in: *Zoo animal and wildlife immobilization and anesthesia*. 1st ed. (G. West, D. J. Heard & N. Caulkett, eds.). Blackwell Publishing, Ames, Iowa.
- Irving, L., P. F. Scholander & S. W. Grinnell. 1942. Experimental studies of the respiration of sloths. *Journal of Cellular and Comparative Physiology* 20: 189–210.
- Massone, F. 2008. *Anestesiologia veterinária – Farmacologia e técnicas (Texto e Atlas)*. 5. ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 571 pp.
- McNab, B. K. 1985. Energetics, population biology, and distribution of Xenarthrans, living and extinct. Pp. 219–232 in: *The evolution and ecology of armadillos, sloths, and vermilinguas* (G. G. Montgomery, ed.). Smithsonian Institution Press, Washington and London.
- Meritt, D. A. Jr. 1972. Edentate immobilisation at Lincoln Park Zoo, Chicago. *International Zoo Yearbook* 12: 218–220.
- Meritt, D. A. Jr. 1974. A further note on the immobilization of sloths *Choloepus* spp. *International Zoo Yearbook* 14: 160–161.
- Nielsen, L. 1999. *Chemical immobilization of wild and exotic animals*. Blackwell Publishing, Ames, Iowa. 342 pp.
- Otero, P. E. 2005. *Dor: avaliação e tratamento*. Interbook, São Paulo. 293 pp.
- Rappaport, A. B. & H. Hochman. 1988. Cystic calculi as a cause of recurrent rectal prolapse in a sloth (*Choloepus* sp.). *Journal of Zoo Animal Medicine* 19: 235–236.
- Toole, J. F. 1972. Blood chemistry of the sloth (*Choloepus hoffmanni* and *Bradypus tridactylus*). *Laboratory Animal Science* 22: 118–121.
- Vogel, I., B. Thoisy & J. C. Vie. 1998. Comparison of injectable anesthetic combinations in free-ranging two-toed sloths in French Guiana. *Journal of Wildlife Diseases* 34: 555–566.
- Wallace, C. & Y. C. Oppenheim. 1996. Hematology and serum chemistry profiles of captive

Hoffmann's two-toed sloths (*Choloepus hoffmanni*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 27: 339–345.

Wallach, J. D. & W. J. Boever. 1983. *Disease in exotic animals – medical and surgical management*. W. B. Saunders, Philadelphia. 1159 pp.

West, G., T. Carter & J. Shaw. 2007. Edentates (Xenarthra). Pp. 341–346 in: *Zoo animal and wildlife immobilization and anesthesia*. 1st ed. (G. West, D. J. Heard & N. Caulkett). Blackwell Publishing, Ames, Iowa.

Recibido: 15 de agosto de 2011; Aceptado: 13 de diciembre de 2011