

**EFFECTS OF A CONVERTIBLE NON-VALVULAR AND CIRCLE ANESTHETIC SYSTEM ON CARDIOPULMONARY VARIABLES IN ISOFLURANE ANESTHETIZED HORSES.**

**EFEITOS DE UM SISTEMA ANESTÉSICO CONVERSIVEL NÃO-VALVULADO E CIRCULAR NAS VARIÁVEIS CARDIOPULMONARES EM CAVALOS ANESTESIADOS COM ISOFLURANO.**

**NATALINI, C. C.<sup>1</sup>; POLYDORO, A. S.<sup>1</sup>; CAVALCANTI, R. L.<sup>2</sup>; BRANQUINHO, L. Q.<sup>2</sup>; CROSIGNANI, N.<sup>2</sup>; SERPA, P. B. S.<sup>3(\*)</sup>; SCHALLENBERGUER, R. G.<sup>3</sup>; MOLNAR, B. F. P.<sup>3</sup>; CARREGARO, A.<sup>4</sup> & FUTEMA, F.<sup>5</sup>**

**ABSTRACT**

The need of an anesthetic system for large animals suitable for the variability of weight among them, and that minimize the risks of hypercapnia and hypoxemia motivated the development of an equipment which can be converted from a non-valvular system to a valvular circular system. The objective of this experiment was to demonstrate the viability of this equipment through the evaluation of cardiovascular and respiratory functions in horses submitted to isoflurane anesthesia. Six healthy adult horses, mean body weight of  $424 \pm 44.1$  kg were utilized. These animals were anesthetized with an association of xylazine, ketamine and diazepam. After intubation, the horses were positioned in right lateral recumbency and an oxygen flow of 10 liters per minute and isoflurane 3V% until an

---

<sup>1</sup> Departamento de farmacologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Centro de Pesquisas do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Fisiologia, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

<sup>3</sup> Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

<sup>4</sup> Departamento de Clínica de Pequenos Animais, Universidade Federal de Santa Maria.

appropriate anesthetic plan was obtained. Horses were anesthetized for 30 minutes with the non-valvular system and 30 minutes with the valvular circular system, with oxygen flow of 5 liters per minute and isoflurane between 1.5 and 2V%. Values of arterial blood pH, carbon dioxide partial pressure and oxygen partial pressure, respiratory rate, heart rate and blood pressure were registered before sedation (basal), 10 minutes after sedation, after induction and in each 15 minutes during anesthesia. Analysis of variance for repeated measures and Bonferroni's test ( $p < 0.05$ ) were used. There were no significant differences between non-valvular and valvular circular systems, although respiratory acidosis and a moderated hypercapnia occurred, concluding that the proposed apparatus can be used to maintain general anesthesia in horses with both systems for a period of at least 60 minutes.

**Key words: isoflurane, anesthetic apparatus, equine, general anesthesia.**

## RESUMO

A necessidade de um aparelho anestésico para grandes animais que comporte a variabilidade de pesos entre os mesmos e que minimize os riscos de hipercapnia e hipoxemia, motivou o desenvolvimento de um equipamento conversível de um sistema não-valvulado para um circular. O objetivo deste experimento foi o de demonstrar a viabilidade de tal equipamento, através de avaliações das funções cardiovascular e respiratória de eqüinos submetidos à anestesia geral. Para tanto, utilizaram-se seis animais adultos hípidos com pesos corporais de  $424 \pm 44,1$ kg. Estes foram anestesiados com uma associação de xilazina, ketamina e diazepam. Após intubados e posicionados em decúbito lateral direito, isoflurano a 3V% e um fluxo de oxigênio de 10 litros/minuto foram estabelecidos até os animais alcançarem um plano anestésico adequado. Cada animal foi mantido por 30 minutos no sistema não-valvulado e 30 minutos no sistema circular, com fluxo de 5 litros/minuto de oxigênio e isoflurano entre 1,5 e 2V%. Valores de pH arterial sangüíneo, pressão parcial arterial de  $CO_2$  e  $O_2$ , freqüências respiratória e cardíaca e pressão arterial foram registrados antes da sedação (basal), 10 minutos após a sedação, após a indução e a cada 15 minutos durante a

---

<sup>5</sup> Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Guarulhos, São Paulo.

anestesia. Os dados foram processados por análise de variância e teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). Não houve diferenças significativas entre os sistemas não-valvulado e circular, apesar de ter ocorrido acidose respiratória e hipercapnia moderada, concluindo-se que o aparelho proposto pode ser utilizado para manutenção de anestesia geral em ambos os sistemas em eqüinos por um período de no mínimo 60 minutos.

**Palavras-chave: isoflurano, aparelhos de anestesia, eqüino, anestesia geral.**

## INTRODUÇÃO

Um aparelho anestésico e um circuito respiratório para anestesia inalatória distribui oxigênio e gases anestésicos para o eqüino e remove o dióxido de carbono dos gases exalados. (BEDNARSKI, 1991). Halotano e isoflurano são os agentes anestésicos inalatórios mais comuns usados em eqüinos. Estes agentes são usualmente distribuídos em um sistema circular valvulado semi-fechado ou em um sistema não valvulado usando um vaporizador fora do sistema. (BEDNARSKI, 1991; STEFEY et al., 1977).

Para eqüinos, que são aparentemente predispostos a sofrerem de hipoventilação alveolar durante anestesia inalatória, é sugerido que um aparelho anestésico adequado deva ser desenvolvido buscando minimizar a resistência e diminuir o espaço morto, promovendo uma máxima e eficiente eliminação do dióxido de carbono. A resistência imposta pelos aparelhos anestésicos em grandes animais contribui para o aumento do trabalho respiratório e depressão da ventilação durante a anestesia inalatória. (ROBINSON, 1991).

Uma desvantagem dos sistemas não-valvulados é uma excessiva produção de calor gerada pelo absorvente. No entanto, estudos têm mostrado que não há aumento da temperatura corporal em animais após 90 minutos de anestesia. O uso da cal sodada

muito próximo ao animal pode ser inadequada pela possibilidade de inalação da poeira alcalina, além de aumentar o espaço morto mecânico e se tornar caro (BEDNARSKI, 1991; RIBOLD et al., 1995). Comparado ao sistema circular, o circuito anestésico não-valvulado é relativamente simples e de fácil transporte, montagem, desmontagem para limpeza e é possível uma troca relativamente rápida de concentração anestésica para um fluxo de gás puro (BEDNARSKI, 1991). Um caníster muito grande ou muito pequeno em um sistema não-valvulado causa rápido aumento do espaço morto mecânico ou não absorve de forma completa o dióxido de carbono respectivamente (DORSCH & DORSCH, 1984).

Este estudo foi desenvolvido para avaliar os efeitos de um sistema conversível do não-valvulado para o valvulado sobre os gases sanguíneos e frequências respiratória e cardíaca em eqüinos anestesiados com isoflurano durante um período de 60 minutos, usando o tempo como fator.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados seis eqüinos adultos hígidos, dois machos e quatro fêmeas, com  $9,8 \pm 2,5$  anos e pesando  $424 \pm 44,1$  kg. Jejum de 12 horas foi estabelecido. Água foi disponibilizada durante todo o tempo. Imediatamente antes da indução anestésica, foi coletada uma amostra de sangue arterial da artéria carótida ou facial para determinação basal de pH arterial, pressão parcial arterial de dióxido de carbono ( $\text{PaCO}_2$ ) e pressão parcial arterial de oxigênio ( $\text{PaO}_2$ ). Por métodos não invasivos, a pressão arterial e a fração expirada de  $\text{CO}_2$  ( $\text{ETCO}_2$ ), assim como as frequências cardíaca e respiratória também foram registradas durante o estudo.

Após sedação com xilazina  $0,8 \text{ mg.kg}^{-1}$  intravenosa (IV), um catéter de 20 gauges e 2 polegadas foi colocado na artéria facial e um catéter de 14 gauges e 3,5 polegadas foi introduzido na veia jugular, ambos suturados na pele. A indução anestésica foi obtida com uma combinação de ketamina e diazepam IV na dose de  $2,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  e  $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$  respectivamente e os animais foram posicionados em decúbito lateral direito.

Após indução e intubação traqueal, cada cavalo foi conectado ao circuito anestésico com um vaporizador de precisão para isoflurano. O sistema anestésico foi equipado com um caníster horizontal com capacidade para 4,5 kg de cal sodada (Figura 1). O sistema foi desenvolvido de forma que, adicionando ou removendo duas válvulas, é possível converter do não-valvulado para o circular ou vice-versa. O fluxo de oxigênio foi de 10 litros/minuto nos primeiros 10 minutos e de 5 litros/minuto no restante do estudo. A anestesia foi mantida com isoflurano 3V% nos primeiros 10 minutos e de 1,5 a 2V% nos 20 minutos restantes. Cada animal foi mantido por 30 minutos em cada sistema. A escolha do sistema foi randomizada para cada cavalo. Os animais foram estimulados a respirar espontaneamente.

A frequência respiratória foi determinada contando os movimentos abdominais e torácicos no intervalo de um minuto. Sangue arterial heparinizado foi coletado e refrigerado para pH e análise de gases sanguíneos. Os tempos para coleta de dados e sangue foram: T0 (basal), T1 (10 minutos após sedação), T2 (após indução anestésica), T3 (15 minutos de anestesia com isoflurano), T4 (30 minutos de anestesia com isoflurano), T5 (45 minutos de anestesia com isoflurano) e T6 (60 minutos de anestesia com isoflurano).

Os dados são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. Análise de variância por medidas repetidas (ANOVA) em um fator (tempo) e seis níveis e teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ) foram utilizados para comparação entre as duas configurações do sistema.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após administração de xilazina, todos eqüinos apresentaram-se profundamente sedados com os sinais clássicos de agonistas  $\alpha_2$  adrenérgicos, como: indiferença ao redor, abaixamento da cabeça e flacidez do lábio inferior. Após indução com ketamina/diazepam todos os animais caíram em decúbito lateral e nenhum efeito adverso ou de excitação do sistema nervoso central foi observado. Todos os animais foram facilmente intubados e posicionados para o estudo. Foi possível manter a anestesia com isoflurano entre 1,5 e 2V%. Todas as recuperações foram consideradas normais.

Os valores dos parâmetros avaliados (média  $\pm$  desvio padrão) e as análises estatísticas então presentes na tabela 1. Após a indução anestésica, foi observada uma redução não significativa da  $PaO_2$  em comparação aos valores basais, sem ocorrer, no entanto, hipoxemia ( $PaO_2 < 60$  mm). Depois de instituída a anestesia com isoflurano e oxigênio, estes valores aumentaram significativamente. Os valores de  $PaCO_2$  aumentaram progressivamente entre os 15 e 60 minutos de anestesia em comparação com os valores basais de forma significativa. Os valores de pH arterial alteraram-se paralelamente a  $PaCO_2$ , tornando-se significativos após indução com xilazina. A frequência respiratória diminuiu significativamente após a sedação e aumentou significativamente após indução. Durante o período anestésico, a frequência respiratória não diferiu significativamente do

período de indução. A frequência cardíaca, assim como a pressão arterial, diminuiu significativamente após a indução, mas não diferiu de forma significativa entre os dois sistemas.

Para uma absorção mais eficiente do dióxido de carbono, o caníster do sistema não-valvulado deve prover espaço entre os grânulos igual ou maior que o volume respiratório do animal (RIBOLD et al., 1995, THURMON & BENSON, 1981). Utilizamos um caníster horizontal com capacidade para 4,5 kg de cal sodada, que deve prover espaço suficiente para um volume expiratório final de um equino adulto. Devido ao fato de o caníster estar posicionado muito próximo ao animal, o calor produzido pela reação química exotérmica da cal sodada com o  $\text{CO}_2$  na presença de água não se dissipa antes dos gases serem reinalados (THURMON & BENSON, 1981). Embora o objetivo deste estudo não seja verificar a temperatura no interior do sistema, é provável que o polipropileno usado na fabricação do equipamento auxilie a dissipar a produção de calor.

O sistema não-valvulado é usualmente utilizado como um método semi-fechado. Com este método, o fluxo de oxigênio e de vapor anestésico será maior que o requerimento do animal. Usando o sistema em um equino de 500 kg, o fluxo de oxigênio deve ser mantido entre 6 e 8 litros por minuto e o vaporizador de isoflurano ajustado para prover 3 a 4 V%. O fluxo de  $\text{O}_2$  e a porcentagem de isoflurano devem ser mantidos até que seja atingido um plano cirúrgico adequado, quando o oxigênio pode ser diminuído para 3 a 4 L/min e a concentração de vapor anestésico diminuída para 2 a 2,5 V% (THURMON & BENSON, 1981). Os resultados do estudo confirmam que um fluxo inicial alto de  $\text{O}_2$  (10 L/min) promove rápida indução e um plano anestésico médio. Nós mantivemos o fluxo de 10 L/min durante 10 minutos e reduzimos o isoflurano de 3 para 1, 5 ou 2 V%. Com este

fluxo de oxigênio e com a entrada de gases adjacente à válvula de exaustão, o ar expirado é diluído no espaço morto mecânico adicional, prevenindo o excesso de CO<sub>2</sub> no sistema.

Hipercapnia arterial durante a anestesia inalatória em eqüinos clinicamente saudáveis respirando espontaneamente é ocorre por uma combinação de depressão farmacológica do centro respiratório produzida pelas drogas anestésicas e decúbito, com efeitos mais dramáticos em decúbito dorsal que lateral (HALL et al, 1968). Danos na função pulmonar podem ocorrer em cavalos posicionados em decúbito lateral (HORNOF et al, 1986). Um estudo demonstrou que durante respiração espontânea, eqüinos em decúbito lateral anestesiado com isoflurano em circuito respiratório circular desenvolveram hipercapnia (PaCO<sub>2</sub> = 50 - 60 mmHg). Em nosso estudo, a PaCO<sub>2</sub> aumentou significativamente do basal aos 15 minutos de anestesia (T3), embora não tenha havido aumento significativo no intervalo de uma hora de anestesia inalatória. Nosso estudo investigando a respeito do sistema não-valvulado confirmou que um fluxo de oxigênio de 10 litros por minuto mantém a PaCO<sub>2</sub> dentro dos limites aceitáveis em cavalos anestesiados com isoflurano em eqüinos em decúbito lateral por 30 minutos com o sistema não-valvulado.

Causas de hipoxemia arterial em eqüinos sob anestesia geral são hipoventilação, dificuldade da difusão na membrana alvéolo-capilar, diminuição da ventilação e perfusão pulmonar, inspiração de baixa concentração de oxigênio, shunt intrapulmonar e diminuição do débito cardíaco (MUIR & HUBBELL, 1991). Existem controvérsias a respeito da definição clínica de hipoxemia. Pressão parcial de oxigênio maior que 200 mmHg tem sido estabelecida como um objetivo durante a manutenção em anestésias inalatórias em eqüinos (MUIR & HUBBELL, 1991). Diminuição significativa na

PaO<sub>2</sub> não foi observada em nossos cavalos, embora durante a fase de manutenção anestésica os valores tenham sido menores de 200 mmHg entre 40 e 60 minutos de anestesia com isoflurano. Isto pode ser explicado porque este anestésico tende a reduzir o débito cardíaco, diminuindo o fluxo sanguíneo pulmonar com conseqüente diminuição do aporte de oxigênio. Hipóxia arterial (PaO<sub>2</sub> < 60mmHg) não foi observada em nosso estudo.

Nossos resultados mostraram que pH arterial diminuiu com o aumento da PaCO<sub>2</sub>. Em cães, mudanças no pH produzem variações na hemodinâmica (WEXELS et al, 1985). Como as variações hemodinâmicas não foram mensuradas em nosso estudo, não é possível determinar que o pH aumentado produziu alterações cardiovasculares.

Depressão do centro respiratório e cardiovascular geralmente ocorre durante a anestesia geral em eqüinos. , com efeitos mais dramáticos com o animal em decúbito dorsal que lateral. (HALL et al, 1968; DAY et al, 1995). Em nosso estudo, as freqüências cardíaca e respiratória assim como a pressão arterial diminuíram significativamente durante a anestesia, o que pode ser atribuído aos efeitos farmacológicos das drogas utilizadas e à falta de resposta ao estímulo respiratório decorrente do aumento de PaCO<sub>2</sub>. Diferenças entre os sistemas não-valvulado e circular não foram detectadas, o que indica que o aparelho proposto é seguro para manter cavalos anestesiados com isoflurano por no mínimo 60 minutos.

Em conclusão, demonstramos que o aparelho portátil para anestesia inalatória em eqüinos avaliada neste estudo propicia anestesia geral segura por no mínimo 60 minutos com aceitável redução nas freqüências cardíaca e respiratória, além de moderada hipercapnia.

## REFERÊNCIAS

- Bednarski R.M. 1991.** Anesthetic equipment. In: Muir W.W. & Hubbell J.A.E. *Equine Anesthesia, Monitoring and Emergency Therapy*. St. Louis: Mosby Year Book, pp.325-351.
- Day T.K., Gaynor J.S., Muir W.W. 1995.** Blood gas values during intermittent positive pressure ventilation and spontaneous ventilation in 160 anesthetized horses positioned in lateral or dorsal recumbency. *Veterinary Surgery*. 18: 266-276.
- Dorsch J.A. & Dorsch S.E. 1984.** *Understanding Anesthesia Equipment*. 2 ed. Baltimore: Williams & Wilkins, p.350.
- Hall L.W., Gillespie J.R. & Tyler W.S. 1968.** Alveolar-arterial oxygen tension differences in anesthetized horses. *British Journal of Anesthesia*. 40: 560-568.
- Hornof W., Dunlop C.I., Prestage R. 1986.** Effects of lateral recumbency on regional function in anesthetized horses. *American Journal of Veterinary Research*. 47: 277-282.
- Muir W.W. & Hubbell J.A.E. 1991.** *Equine Anesthesia. Monitoring and Emergency Therapy*. St. Louis: Mosby Year Book, p.515.
- Purchase, I.F.H. 1965.** Function tests on four large animal anesthetic circuit. *Veterinary Records*. 77: 913-919.
- Riebold T.W., Geiser D.R. & Golble D.O. 1995.** *Large Animal Anesthesia*. Ames: ISU, p.304.

**Robinson N.E. 1991.** The respiratory system. In: Muir W.W. & Hubbell J.A.E.: *Equine Anesthesia, Monitoring and Emergency Therapy*. St. Louis: Mosby Year Book, pp.7 - 38.

**Stefey E.P., Howland D.Jr., Giri S. & Eger II E.I. 1977.** Enflurane, halothane, isoflurane potency in horses. *American Journal of Veterinary Research*. 38: 1037 - 1039.

**Stolk P.W.T. & Lagerweij E. 1989.** Use of the to-and-fro system in inhalation anesthesia produced in horses and ponies. *Tijdschrmaatschappij voor Diergeneeskunde*. 114: 657-667.

**Wexels J.C., Myhre E.S.P. & Mjos O.D. 1985.** Effects of carbon dioxide and pH on myocardial blood-flow and metabolism in the dog. *Clinical Physiology*. 5: 575-588.