

Efeitos do modo ventilatório sobre variáveis hemogasométricas em equinos submetidos à mudança de decúbito durante a anestesia geral inalatória com halotano

[*Effects of the ventilatory regimen on arterial blood gas variables in horses that underwent a change in body position during halothane anesthesia*]

P.A. Sá¹, F.J. Texeira Neto¹, D. Campagnol², R.O. França³, M. Moreira⁴

¹Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP
Distrito Rubião Jr., s/n
18618-000 – Botucatu, SP

²Faculdade de Medicina - UNESP – Botucatu, SP

³Faculdade da Terra – Brasília, DF

⁴Regimento de Cavalaria “Dragões da Independência” – Brasília, DF

RESUMO

Compararam-se os efeitos da ventilação espontânea (V_E) e controlada (V_C) em equinos submetidos à mudança de decúbito durante anestesia. Dezesesseis animais foram equitativamente divididos em dois grupos: V_E e V_C . Os procedimentos cirúrgicos foram iniciados com os animais em decúbito lateral esquerdo (DLE) e, após 75 minutos, os animais foram reposicionados em decúbito lateral direito (DLD). Análises hemogasométricas do sangue arterial foram realizadas após 30 e 75 minutos com os animais posicionados em cada decúbito (M1 e M2 no DLE e M3 e M4 no DLD, respectivamente). Durante a V_E , observaram-se hipercapnia ($\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$), acidose respiratória ($\text{pH} < 7,35$), redução significativa da oxigenação sanguínea após 75min da mudança de decúbito (M4: $205,8 \pm 124,7\text{mmHg}$) em relação aos valores de PaO_2 observados antes da mudança de posicionamento (M1: $271,8 \pm 84,8\text{mmHg}$). A V_C foi associada a valores de PaCO_2 e pH mais próximos da normalidade bem como resultou em valores de PaO_2 significativamente maiores (52 a 96% de elevação nos valores médios) que a V_E . Conclui-se que a mudança de decúbito, em equinos anestesiados com halotano e mantidos sob V_E , resulta em hipercapnia, acidose respiratória e diminuição dos valores de PaO_2 . A instituição de V_C , desde o início da anestesia, previne a acidose respiratória, além de resultar em valores de PaO_2 mais próximos do ideal para animais respirando O_2 a 100%.

Palavras-chave: equino, anestesia inalatória, decúbito, ventilação controlada, ventilação espontânea

ABSTRACT

The effects of spontaneous (SV) and controlled ventilation (CV) were compared in horses undergoing changes in body position during anesthesia. Sixteen animals were equally distributed in two groups: SV and CV. All surgical procedures were commenced on left lateral recumbency (LLR) and 75 minutes later the animals were repositioned on right lateral recumbency (RLR). Arterial blood gas analyses were performed at 30 and 75 minutes after each recumbency (M1 and M2 for LLR and M3 and M4 for RLR). Hypercapnia ($\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$), respiratory acidosis ($\text{pH} < 7.35$), and significant decrease in PaO_2 after 75min of change in body position (M4: $205.8 \pm 124.7\text{mmHg}$) in comparison to PaO_2 values before the change of position (M1: $271.8 \pm 84.8\text{mmHg}$) were observed during SV. When compared to the SV group, CV resulted in significantly higher PaO_2 levels (52 to 96% increase). It was concluded that the change in the body position in spontaneously ventilating halothane-anesthetized horses causes impairment in arterial oxygenation. The use of CV since the beginning of anesthesia prevents the respiratory acidosis and maintains arterial oxygen levels that are closer to values expected during the use of 100% O_2 .

Keywords: horse, inhalation anesthesia, recumbency, controlled ventilation, spontaneous ventilation

Recebido em 2 de março de 2009

Aceito em 3 de maio de 2010

E-mail: paulasavet@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Em equinos conscientes em posição quadrupedal, observa-se que as trocas gasosas pulmonares ocorrem de forma adequada, resultando em manutenção dos níveis normais de dióxido de carbono (PaCO_2) e oxigênio (PaO_2) no sangue arterial. Nessa condição, a relação entre a ventilação e a perfusão pulmonar (relação V/Q) é ideal, não havendo interferência dos fármacos e do decúbito sobre a função pulmonar (Robinson, 1991). Por outro lado, em equinos anestesiados posicionados em decúbito lateral ou dorsal, em função do desenvolvimento de hipoventilação e de *shunts* intrapulmonares (relação V/Q = 0), é comum a ocorrência de hipercapnia ($\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$) e hipoxemia ($\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$) (Taylor, 1984; Nyman e Hedenstierna, 1989; Day et al., 1995).

Apesar de haver estudos que avaliaram a interferência de diversos fatores na função respiratória durante a anestesia equina, há escassez de dados sobre os efeitos da mudança de decúbito durante o período transanestésico. Há inúmeras situações em que esse procedimento pode ser necessário, como nas ostectomias dos metacarpianos acessórios e nas neurectomias. Hornof et al. (1986), ao reposicionarem o animal durante a anestesia (decúbito lateral esquerdo para direito e vice-versa), observaram que a orientação gravitacional da ventilação continuava a ocorrer mesmo após a mudança de decúbito. Esses autores também verificaram melhora na relação ventilação/perfusão (valores mais próximos do ideal ao compararem a distribuição relativa da ventilação e da perfusão pulmonar em menos de 15 minutos após a mudança de decúbito (Hornof et al., 1986). Por outro lado, mudanças de decúbito (ex.: de decúbito lateral direito para lateral esquerdo ou vice-versa) durante anestésias prolongadas podem contribuir para uma redução mais acentuada da oxigenação sanguínea, uma vez que o lobo pulmonar não dependente (funcional) passaria a ser repentinamente comprimido pelo peso do animal.

O presente estudo teve o objetivo de avaliar os efeitos da ventilação espontânea e controlada em equinos submetidos à mudança de decúbito (lateral esquerdo para lateral direito) durante a anestesia geral com halotano. As hipóteses formuladas foram: 1) a mudança de decúbito, durante o procedimento anestésico, reduz

significativamente a oxigenação sanguínea (PaO_2); 2) a instituição da ventilação controlada desde o início da anestesia é capaz de prevenir o prejuízo às trocas gasosas pulmonares decorrentes da alteração no posicionamento dos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi aprovada pela Câmara de Ética em Experimentação Animal da FMVZ da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP (Protocolo n° 124). Foram utilizados 16 equinos sem raça definida, machos e fêmeas, com idade variando de 4 a 18 anos (média de 10 anos), com média de peso \pm desvio-padrão de $444,25 \pm 42,49\text{kg}$, procedentes do Regimento de Cavalaria “Dragões da Independência” da cidade de Brasília, DF. Todos os animais foram submetidos, por indicação clínica, a procedimentos cirúrgicos em que a mudança de decúbito fosse necessária - ostectomia do II e IV metacarpianos (n=12) ou neurectomia digital palmar bilateral (n=4)].

Mediante jejum alimentar de 12 horas e hídrico de quatro horas, os animais foram pré-medicados com acepromazina (0,05mg/kg, IM) e, após 30 minutos, com xilazina (0,5mg/kg, IV). A anestesia foi induzida com diazepam (0,1mg/kg, IV) e cetamina (2,2mg/kg, IV) e mantida com halotano diluído em O_2 utilizando circuito anestésico para grandes animais (Conquest Big, HB Hospitalar Ltda. São Paulo, Brasil. A dobutamina foi empregada para manter a pressão arterial média (PAM) acima de 70mmHg durante todo o procedimento.

A PAM foi monitorada por um manômetro aneroide conectado, por meio de uma tubulação preenchida com solução de NaCl a 0,9% heparinizada (4UI/mL), a um cateter posicionado na artéria facial. O acesso arterial também foi utilizado para colheita de amostras para a hemogasometria (Radiometer ABL 5, Copenhagem, Dinamarca), as quais foram armazenadas em gelo e analisadas em até três horas de sua colheita. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada por palpação do pulso da artéria facial, e a frequência respiratória (FR) foi mensurada por visualização do número de movimentos respiratórios quando os animais respiravam espontaneamente.

Imediatamente antes do ato cirúrgico, torniquetes foram colocados na região acima da articulação do carpo – nas ostectomias dos metacarpianos II e IV – ou acima da articulação do boleto – nas neurectomias –, em ambos os membros torácicos, com a finalidade de diminuir o fluxo sanguíneo e reduzir o sangramento na área cirúrgica. Nos equinos submetidos à ostectomia bilateral dos metacarpianos II e IV, foi realizado o bloqueio de quatro pontos – nervo palmar medial e lateral e nervo metacarpiano medial e lateral – com 3mL de lidocaína a 2% sem vasoconstritor em cada ponto. Nos submetidos à neurectomia digital palmar, utilizou-se o bloqueio dos nervos palmares lateral e medial na altura dos ossos sesamoides abaxiais, em ambos os membros torácicos, com 3mL de lidocaína a 2% sem vasoconstritor em cada nervo.

Os animais foram distribuídos equitativamente em dois grupos (n = 8). No grupo V_E , os equinos foram mantidos sob ventilação espontânea, enquanto, no grupo V_C , foi instituída a ventilação controlada com pressão positiva intermitente. Neste grupo, a FR foi ajustada em 6mov/min, a relação inspiração/expiração (I/E) em 1/3, volume corrente (indicado pelo fole do ventilador) em 15mL/kg e a pressão inspiratória foi mantida entre 20 e 30cm H_2O .

Os valores de FC, FR e PAM foram monitoradas continuamente. Além dos parâmetros descritos, amostras de sangue arterial para a hemogasometria foram colhidas aos 30 e 75 minutos de cada decúbito, para fornecer valores de pH, $PaCO_2$, PaO_2 e HCO_3^- . Dessa forma, os momentos 1 e 2 (M1 e M2) representaram os dados paramétricos coletados aos 30 e 75 minutos, respectivamente, com o animal em decúbito lateral esquerdo, e os momentos 3 e 4 (M3 e M4), os dados paramétricos coletados aos 30 e 75 minutos, respectivamente, com o animal em decúbito lateral direito.

Após verificação da normalidade da distribuição dos dados paramétricos, os resultados foram submetidos à análise de variância, seguido pelo teste Tukey para comparações dentro de cada grupo. As comparações entre grupos foram realizadas pelo teste t não pareado. As diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média \pm desvio-padrão do peso e da idade dos animais do grupo V_E foi de 444 ± 40 kg e $8,9 \pm 5,1$ anos, respectivamente. Estes dados demográficos não diferiram estatisticamente do peso e da idade observados nos equinos do grupo V_C (445 ± 49 kg e $10,8 \pm 4,1$ anos, respectivamente). Em equinos, tanto a idade quanto a massa corpórea podem influenciar significativamente as trocas gasosas pulmonares (Stegmann e Littlejohn, 1987; Grandy et al., 1987; Matthews, 2002; Mansel e Clutton, 2008). Equinos com idade acima de sete anos podem apresentar maior comprometimento da oxigenação arterial (redução da PaO_2) quando comparados a animais mais jovens, com idades abaixo de sete anos (Grandy et al. 1987). Durante o decúbito dorsal, há correlação positiva entre massa corpórea e o *shunt* intrapulmonar, ou seja, quanto maior a massa corpórea, maior o comprometimento da oxigenação sanguínea devido ao *shunt* intrapulmonar (Stegmann e Littlejohn, 1987).

Com relação à FC, FR e PAM, não ocorreram diferenças significativas entre grupos (Tab. 1). No grupo V_C , embora a FC tenha se elevado significativamente em M3 quando comparada à FC em M1, os valores médios dessa variável mantiveram-se dentro dos limites considerados normais, 30 a 45bat/min, para equinos adultos.

No grupo V_E , após a mudança de decúbito lateral esquerdo para o direito, houve diminuição progressiva da PaO_2 , que foi significativamente menor em M4 que em M1 (Tab. 2). Neste grupo, observou-se diminuição nos valores individuais de PaO_2 em todos os animais quando se efetuou a mudança de decúbito lateral esquerdo (M2) para lateral direito (M3). Essa redução da PaO_2 persistiu até M4. É improvável que as reduções da PaO_2 , observadas após a mudança de decúbito nos equinos submetidos à V_E deste estudo, estejam relacionadas à progressão do tempo de anestesia. Em estudos prévios, não se observaram diminuição da PaO_2 ou piora na relação V/Q com a progressão do tempo de anestesia (Hall et al., 1968; McDonnell et al., 1979; Hornof et al., 1986; Steffey et al., 1987). A diminuição da PaO_2 após a mudança de decúbito, observada em equinos que respiram espontaneamente, também poderia ser causada pelo aumento da $PaCO_2$ que ocorreu em M3 e M4. No entanto, deve-se considerar que a

principal causa dos valores reduzidos de PaO₂ em animais que respiram O₂ a 100%, é o *shunt* intrapulmonar e não a hipoventilação (hipercapnia) (Robinson, 1991). Apesar de os valores de PaO₂ encontrarem-se, de forma geral, reduzidos nos animais submetidos à V_E, não

houve a constatação de hipoxemia grave – PaO₂ <60mmHg – em nenhum equino. No entanto, a PaO₂ decresceu a valores próximos desse nível crítico, 60mmHg, em um animal do grupo V_E, após 30 minutos da mudança de decúbito, 69mmHg em M3.

Tabela 1. Valores médios (\pm desvio-padrão) das variáveis fisiológicas observadas em equinos anestesiados com halotano, mantidos sob ventilação controlada (V_C, n=8) ou sob ventilação espontânea (V_E, n=8), submetidos à mudança de decúbito de lateral esquerdo para lateral direito

| Variável | Grupo | Decúbito | | | |
|-----------------------------------|----------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | Lateral esquerdo | | Lateral direito | |
| | | M1 | M2 | M3 | M4 |
| Frequência cardíaca (bat/min) | V _E | 35 \pm 7 | 38 \pm 10 | 35 \pm 8 | 35 \pm 7 |
| | V _C | 32 \pm 3 | 32 \pm 4 | 35 \pm 6* | 33 \pm 5 |
| Pressão arterial média (mmHg) | V _E | 88 \pm 15 | 98 \pm 16 | 85 \pm 8 | 89 \pm 11 |
| | V _C | 91 \pm 11 | 86 \pm 14 | 89 \pm 11 | 83 \pm 12 |
| Frequência respiratória (mov/min) | V _E | 6 \pm 3 | 7 \pm 4 | 7 \pm 3 | 8 \pm 4 |
| | V _C | 6 | 6 | 6 | 6 |

M1: 30 minutos de anestesia sob decúbito lateral esquerdo; M2: 75 minutos de anestesia sob decúbito lateral esquerdo; M3: 30 minutos de anestesia sob decúbito lateral direito; M4: 75 minutos de anestesia sob decúbito lateral direito. *Diferença significativa em relação a M1 no mesmo grupo (P<0,05).

Tabela 2. Variáveis hemogasométricas observadas durante a anestesia geral inalatória com halotano em equinos submetidos à mudança de decúbito de lateral esquerdo para lateral direito, sob ventilação espontânea (V_E) e controlada (V_C)

| Variável | Grupo | Decúbito | | | |
|--|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | | Lateral esquerdo | | Lateral direito | |
| | | M1 | M2 | M3 | M4 |
| pH | V _E | 7,29 \pm 0,04 | 7,25 \pm 0,04* | 7,21 \pm 0,05* | 7,19 \pm 0,07* |
| | V _C | 7,45 \pm 0,07 [†] | 7,47 \pm 0,04* [†] | 7,43 \pm 0,07* [†] | 7,42 \pm 0,09* [†] |
| PaCO ₂ (mmHg) | V _E | 63,38 \pm 11,13 [†] | 75,88 \pm 9,84 [†] | 80,25 \pm 6,31* [†] | 92,13 \pm 17,99* [†] |
| | V _C | 44,25 \pm 10,21 | 41,75 \pm 5,87 | 45,63 \pm 11,10* | 47,38 \pm 15,88* |
| PaO ₂ (mmHg) | V _E | 271,8 \pm 84,75 | 282,9 \pm 127,7 | 228,1 \pm 139,0 | 205,8 \pm 124,7* |
| | V _C | 418,0 \pm 66,72 [†] | 429,8 \pm 42,33 [†] | 445,5 \pm 67,69 [†] | 402,8 \pm 79,45 [†] |
| HCO ₃ ⁻ (mmol/L) | V _E | 29,38 \pm 4,47 | 32,13 \pm 2,03 | 31,13 \pm 4,85 | 33,25 \pm 1,83 |
| | V _C | 29,88 \pm 3,52 | 29,63 \pm 3,37 | 29,25 \pm 4,09 | 29,88 \pm 4,15 |

M1: 30 minutos de anestesia sob decúbito lateral esquerdo; M2: 75 minutos de anestesia sob decúbito lateral esquerdo; M3: 30 minutos de anestesia sob decúbito lateral direito; M4: 75 minutos de anestesia sob decúbito lateral direito. * Diferença significativa em relação a M1 no mesmo grupo (P<0,05). [†] Diferença significativa entre grupos (P<0,05).

Diferente do grupo V_E , no grupo V_C a PaO_2 não se alterou de forma significativa com a mudança de decúbito (Tab. 2). Ao se compararem os valores de PaO_2 entre grupos, observaram-se diferenças significativas em todos os momentos, sendo que os valores médios de PaO_2 no grupo V_C foram 52% (M2) a 96% (M4) mais elevados que no grupo V_E . Portanto, com o emprego da ventilação controlada, os valores de PaO_2 elevaram-se significativamente em relação aos do grupo V_E em todos os momentos, aproximando-se dos considerados ideais para animais que respiravam O_2 a 100% (500mmHg). Além disso, contrastando com o grupo V_E , ao se instituir a ventilação controlada, os valores de PaO_2 não se reduziram após a mudança de decúbito.

Durante a V_E , houve aumento progressivo na $PaCO_2$ no decorrer do período transanestésico. A elevação da $PaCO_2$ foi mais significativa após a mudança de decúbito (M3 e M4), com aumentos de 26% (M3) e 45% (M4) em relação a M1. Estudos demonstraram que, diferentemente da PaO_2 que tende a se manter constante durante anestésias prolongadas (até 5 horas), a $PaCO_2$ eleva-se de forma progressiva com o decorrer do tempo (Steffey et al., 1987). Hipercapnia e acidose respiratória são achados comuns em equinos em que a anestesia é mantida sob ventilação espontânea. Ao comparar os valores de $PaCO_2$, observou-se que as diferenças entre os grupos foram significativas em todos os momentos; no grupo V_C , foram 43% (M1) a 94% (M4) mais baixos que no grupo V_E . Portanto, nos animais em que a anestesia foi mantida sob ventilação espontânea, os valores médios de $PaCO_2$ excederam o limiar máximo considerado como aceitável, $PaCO_2 >70$ mmHg, a partir de M1.

Paralelamente à elevação excessiva da $PaCO_2$, o pH decresceu a valores abaixo de 7,25 a partir de M2 nos animais do grupo V_E . Apesar da ocorrência de hipercapnia excessiva, $PaCO_2 >70$ mmHg, no grupo V_E , não se notaram problemas relacionados à estimulação simpática excessiva nesses animais, pois os valores de FC e PAM mantiveram-se constantes no período transanestésico. De acordo com Wagner et al. (1990) e Khanna et al. (1995), a hipercapnia, desde que moderada - elevação na $PaCO_2$ entre 45 a 70mmHg -, não é considerada indesejável, pois resulta em maior estimulação cardiovascular

devido à liberação de catecolaminas endógenas. Contrastando com o grupo V_E , o emprego de ventilação mecânica resultou em manutenção dos valores de $PaCO_2$ próximos da normalidade, entre 35 e 45mmHg, e preveniu a acidose respiratória, mantendo os valores de pH próximos dos limites fisiológicos, 7,35 a 7,45.

Embora a V_C seja capaz de prevenir a acidose respiratória, como demonstrado no presente estudo, o emprego dessa modalidade ventilatória resulta em maior depressão cardiovascular que o do V_E (Steffey et al., 1977; Wagner et al., 1990; Day et al., 1995; Khanna et al., 1995). Parte da depressão cardiovascular observada durante a anestesia com ventilação artificial pode ser atribuída à prevenção da hipercapnia e da consequente liberação de catecolaminas (Khanna et al., 1995; Wagner et al., 1990). Por outro lado, a compressão de vasos intratorácicos, causada pela pressão intratorácica positiva durante a inspiração, também pode contribuir para a maior depressão cardiovascular observada com o emprego da V_C (Hall et al., 1968; McDonnell et al., 1979). No presente estudo, os valores de PAM, observados nos animais em que se empregou a V_C , não diferiram significativamente dos valores de PAM observados no grupo V_E . No entanto, deve-se considerar que cinco equinos do grupo V_E e cinco do grupo V_C receberam infusão intravenosa de dobutamina (0,5 a 2,5 μ g/kg/min, para prevenir a hipotensão) – definida como PAM <70mmHg. Advoca-se que a diminuição do débito cardíaco, secundária ao uso da ventilação artificial, pode ser contornada mediante administração de fármacos simpatomiméticos, como dopamina ou dobutamina (Shawley e Mandsager, 1990). Nos animais estudados, o uso de terapia de suporte cardiovascular (dobutamina) foi considerado necessário, devido ao risco elevado de complicações graves (miosite pós-anestésica) caso a anestesia fosse mantida por períodos prolongados, sob condições de hipotensão – PAM <70mmHg (Lindsay et al., 1989; Donaldson, 1988). Portanto, a ausência de diferenças entre grupos, no que se refere aos parâmetros cardiovasculares, deve-se provavelmente ao uso da dobutamina com objetivo de manter a PAM acima de 70mmHg.

Conclui-se que a mudança de decúbito em equinos que respiram de forma espontânea, durante o período transanestésico, resulta em

maior decréscimo da oxigenação arterial, com diminuição dos valores de PaO₂. A instituição da V_C é capaz de manter os valores hemogasométricos mais próximos da normalidade, tanto em decúbito lateral esquerdo quanto em decúbito lateral direito. Quando comparada à ventilação espontânea, a instituição de ventilação controlada, desde o início do procedimento anestésico, previne a acidose respiratória e resulta em valores de PaO₂ mais próximos do ideal para animais que respiram O₂ a 100%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAY, T.K.; GAYNOR, J.S.; MUIR, W.W. et al. Blood gas values during intermittent positive pressure ventilation and spontaneous ventilation in 160 anesthetized horses positioned in lateral or dorsal recumbency. *Vet. Surg.*, v.24, p.266-276, 1995.
- DONALDSON, L. Retrospective assessment of dobutamine therapy for hypotension in anesthetized horses. *Vet. Surg.*, v.17, p.53-57, 1988.
- GRANDY, J.L.; STEFFEY, E.P.; MILLER, M. Arterial blood PO₂ and PCO₂ in horses during early halothane – oxygen anaesthesia. *Equine Vet. J.*, v.19, p.314-318, 1987.
- HALL, L.W.; GILLESPIE, J.R.; TYLER, W.S. Alveolar-arterial oxygen tension differences in anaesthetized horses. *Br. J. Anaesth.*, v.40, p.560-567, 1968.
- HORNOF, W.J.; DUNLOP, C.I.; PRESTAGE, R. et al. Effects of lateral recumbency on regional lung function in anesthetized horses. *Am. J. Vet. Res.*, v.47, p.277-282, 1986.
- KHANNA, A.K.; McDONELL, W.N.; DYSON, D.H. et al. Cardiopulmonary effects of hypercapnia during controlled intermittent positive pressure ventilation in the horse. *Can. J. Vet. Res.*, v.59, p.213-221, 1995.
- LINDSAY, W.A.; ROBINSON, G.M.; BRUNSON, D.B. et al. Induction of equine postanesthetic myositis after halothane-induced hypotension. *Am. J. Vet. Res.*, v.50, p.403-410, 1989.
- MANSEL, J.C.; CLUTTON, R.E. The influence of body mass and thoracic dimensions on arterial oxygenation in anaesthetized horses and ponies. *Vet. Anaest. Analg.*, v.35, p.392-399, 2008.
- MATTHEWS, N.S. Anesthetic considerations of the older equine. *Vet. Clin. N. Am.: Equine Practice*, v.18, p.403-409, 2002.
- McDONELL, W.N.; HALL, L.W.; JEFFCOTT, L.B. Radiographic evidence of impaired pulmonary function in laterally recumbent anaesthetised horses. *Equine Vet. J.*, v.11, p.24-32, 1979.
- NYMAN, G.; HEDENSTIERNA, G. Ventilation-perfusion relationships in the anaesthetised horse. *Equine Vet. J.*, v.21, p.274-281, 1989.
- ROBINSON, N.E. The respiratory system. In: MUIR, W.W.; HUBBELL, J.A.E. (Eds) *Equine anesthesia: monitoring and emergency therapy*. Saint Louis: Mosby, 1991. p.7-38.
- SHAWLEY, R.V.; MANDSAGER, R.E. Clinical use of positive-pressure ventilation in the horse. *Vet. Clin. N. Am.: Equine Pract.*, v.6, p.575-585, 1990.
- STEFFEY, E.P.; WHEAT, J.D.; MEAGHER, D.M. et al. Body position and mode of ventilation influences arterial pH, oxygen, and carbon dioxide tensions in halothane-anesthetized horses. *Am. J. Vet. Res.*, v.38, p.379-382, 1977.
- STEFFEY, E.P.; KELLY, A.B.; WOLINER, M.J. Time-related responses of spontaneously breathing, laterally recumbent horses to prolonged anesthesia with halothane. *Am. J. Vet. Res.*, v.48, p.1850-1858, 1987.
- STEGMANN, G.F.; LITTLEJOHN, A. The effect of lateral and dorsal recumbency on cardiopulmonary function in the anaesthetized horse. *J. S. Afr. Vet. Assoc.*, v.58, p.21-27, 1987.
- TAYLOR, P.M. Risks of recumbency in the anaesthetised horse. *Equine Vet. J.*, v.16, p.77-80, 1984.
- WAGNER, A.N.; BEDNARSKI, R.M.; MUIR, W.W. Hemodynamic effects of carbon dioxide during intermittent positive-pressure ventilation in horses. *Am. J. Vet. Res.*, v.51, p.1922-1929, 1990.