

VENTILAÇÃO CONTROLADA COM PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL POSITIVA EM SUÍNOS ANESTESIADOS COM ISOFLURANO OU HALOTANO E SUBMETIDOS A PNEUMOPERITÔNIO OU PNEUMOTÓRAX COM CO₂*

(Controlled ventilation with Positive End-Expiratory Pressure in isoflurane or halotane anesthetized pigs submitted to pneumoperitoneum or pneumothorax with CO₂)

**CUNHA, A.F.¹; NATALINI, C.C.²; ALVES, S.D.L.³; BOPP, S.⁴; FERREIRA, J.F.⁵;
POLYDORO, A.S.⁴; GUIMARÃES, L.D.⁴**

¹Anestesiologia Veterinária UFSM – afcunha2@bol.com.br;

²Veterinary Clinical Sciences, School of Veterinary Medicine, LSU, Baton Rouge La. 70803.EUA;

³Médica Veterinária, Anestesiologia Veterinária pela UFSM;

⁴Médico Veterinário, Aluno do Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária da UFSM;

⁵Médica Veterinária autônoma.

RESUMO – A homeostase hemodinâmica e respiratória nas vídeo cirurgias onde se emprega insuflação abdominal ou torácica requer métodos especiais de ventilação como a pressão expiratória final positiva (PEEP). Este experimento teve por objetivo avaliar a hemodinâmica e a oxigenação de suínos submetidos anestesia geral com isoflurano ou halotano onde foi realizado pneumoperitônio a uma pressão constante de 15 mmHg ou pneumotórax de 5 mmHg com CO₂ e ventilados com pressão expiratória zero ou 10 cm de H₂O. Foram estudadas as variáveis pressão arterial (sistólica, média e diastólica), frequência cardíaca e respiratória, saturação de oxigênio na hemoglobina (SpO₂), volume corrente e minuto, eletrocardiografia e ainda pressão parcial de dióxido de carbono expirado. Onde foram observados valores de SpO₂ mais elevados nos grupos submetidos a PEEP e maior hipotensão nos suínos anestesiados com halotano, nos permitindo concluir que quando comparado com o grupo que recebeu pressão expiratória final zero o uso de 10 cm de água de PEEP melhora a SpO₂ e o isoflurano é superior ao halotano na manutenção da função cardiovascular de suínos submetidos à insuflação intra-abdominal ou intratorácica com CO₂.

Palavras chave: vídeo-cirurgia, PEEP, ventilação artificial, ventilometria.

ABSTRACT – Hemodynamic and respiratory homeostasy in the video surgeries need special ventilatory methods as positive end-expiratory pressure (PEEP). This study aimed to investigate the hemodynamic and oxygenation effects in isoflurane or halotane anesthetized pigs, submitted to constant 15 mm Hg CO₂ abdominal pressure or 5 mm Hg CO₂ intrathoracic pressure of 10 cm of H₂O of PEEP or 0 cm of H₂O (ZEEP). Variables studied were arterial pressure (systolic, diastolic and mean) heart rate, respiratory rate, SpO₂, tidal volume, minute volume, electrocardiogram and expiratory end-tidal carbon dioxide. Were observed improved in SpO₂ with 10 cm of H₂O PEEP and more hypotension in the halotane anesthetized group. We conclude that when compared to ZEEP group, 10 cm of H₂O PEEP ventilation improves SPO₂, while isoflurane is better to maintain the cardiovascular function to anesthetized pigs submitted to 15 mm Hg intra-abdominal and 5 mm Hg intratoracic pressure insufflations with CO₂.

Key words: video surgery, PEEP, ventilation, ventilometry.

*Parte da Dissertação apresentada à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) para obtenção do Grau de Mestre em Medicina Veterinária.

Introdução

As cirurgias vídeo-assistidas vêm sendo popularizadas por serem procedimentos minimamente invasivos (PAW e SACKIER, 1994) que desencadeiam pequeno estímulo doloroso no pós-operatório e menor período de recuperação (WALSH *et al.*, 1999). De acordo com OHTSUKA *et al.* (1999) as vídeo-cirurgias realizadas na cavidade torácica ou abdominal requerem insuflação de Dióxido de Carbono (CO₂) para a visualização e manipulação adequada dos órgãos desencadeando alterações cardio-respiratórias (JONES *et al.*, 1993) como hipotensão, hipoxemia, cianose, hipercarbica, aumento da frequência respiratória, redução da saturação de oxigênio na hemoglobina (SpO₂) e aumento do dióxido de carbono expirado (ETCO₂) (TOGAL *et al.*, 2002).

Para se manter a homeostasia respiratória em pacientes submetidos à insuflação intra-cavitária de CO₂, pode-se utilizar a pressão expiratória final positiva (PEEP) (PADDLEFORD, 1999; BROCK *et al.*, 2000), que consiste no aumento proposital da pressão nas vias aéreas entre os ciclos respiratórios, resultando em acúmulo de gás nos alvéolos, mantendo-os abertos, diminuindo as áreas de *shunt* alveolares e aumentando a capacidade residual funcional (PADDLEFORD, 1999).

Este experimento teve por objetivo avaliar a hemodinâmica e a oxigenação de suínos submetidos a pneumoperitônio ou pneumotórax sob anestesia geral com isoflurano ou halotano e ventilados com zero ou 10 cm de H₂O de pressão expiratória.

Material e Métodos

Foram estudados cinco suínos machos castrados, sem raça definida, com 50 a 70 dias de idade, pesando entre 15 e 35 kg, alojados em baia coletiva onde receberam alimentação sólida duas vezes ao dia e água *ad libitum*. O desenho experimental seguiu o modelo de quadrado romano incompleto em medidas repetidas, oito tratamentos e cinco unidades experimentais.

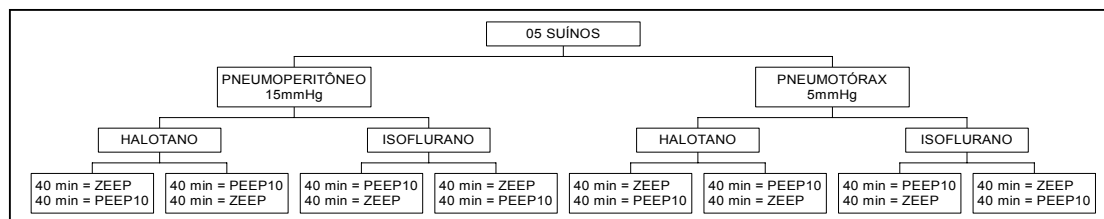
Os procedimentos iniciaram com a contenção dos animais pelos membros pélvicos em um plano inclinado, onde a cabeça foi mantida para baixo, seguido do acoplamento de uma máscara facial para indução anestésica diretamente com anestésico volátil. Assim que foi observado relaxamento muscular sondou-se a traquéia e conectou-se os pacientes ao circuito anestésico circular semi-fechado e aos sensores dos monitores. Em seguida a veia marginal da orelha foi cateterizada para instituição de fluidoterapia com solução de Ringer-lactato na dose de 10 ml/kg/hora. Os suínos foram anestesiados com halotano ou isoflurano e mantidos sob ventilação mecanicamente controlada com valores de volume minuto padronizados com base nos valores de ETCO₂, para manter os animais em normocarbica (ETCO₂ entre 35 e 45 mm Hg).

Dez minutos após o início da ventilação mecânica (denominado como tempo basal) punccionou-se o abdômen nos animais que foram submetidos a pneumoperitônio com uma agulha de Veress na cicatriz umbilical e insuflou-se CO₂ a uma pressão intra-abdominal constante de 15 mm Hg, durante oitenta minutos. Nos animais que foram submetidos a pneumotórax, após o tempo basal, realizou-se punção no oitavo espaço intercostal e insuflação CO₂ a uma pressão constante de 5 mm Hg também durante 80 minutos.

Os 5 suínos foram anestesiados quatro vezes, com intervalo de três dias entre cada procedimento, para que fossem submetidos a pneumoperitônio, sob anestesia geral com halotano ou isoflurano e ventilação mecânica com ou sem PEEP e depois foram submetidos a pneumotórax para os mesmos procedimentos. A PEEP foi obtida pela conexão da saída de ar expirado do ventilador mecânico a um recipiente contendo uma coluna de 10 cm de água, através de um tubo corrugado.

A ventilação mecânica perdurou oitenta minutos e foi dividida em dois momentos onde foi realizado 40 minutos de PEEP seguidos de 40 minutos de ZEEP na metade dos procedimentos e o inverso na outra metade, ou seja, 40 minutos de ZEEP seguidos de 40 minutos de PEEP, conforme FIGURA 1.

FIGURA1 – DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS DE SUÍNOS SUBMETIDOS A PNEUMOTÓRAX OU PNEUMOPERITÔNIO, ANESTESIADOS COM ISOFLURANO OU HALOTANO, CONFORME DIVISÃO DOS TEMPOS E INÍCIO DOS MODOS DE VENTILAÇÃO (PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL DE 10 CM H₂O – PEEP10 OU PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL ZERO – ZEEP). (SANTA MARIA, RS 2002).



As variáveis estudadas foram: pressão arterial sistólica (PAS), média (PAM) e diastólica (PAD) com utilização de um monitor oscilométrico não invasivo, saturação de oxigênio na hemoglobina (SpO₂) e frequência cardíaca (FC) pela oximetria de pulso, frequência respiratória (FR), volume corrente (VC) e volume minuto (VM) através de um ventilômetro digital, pressão parcial de dióxido de carbono expirado (ETCO₂) pela capnometria e ritmo cardíaco através da eletrocardiografia.

As médias foram tabuladas e submetidas à análise de variância, com posterior teste Tukey nos casos onde foi observada diferença estatisticamente significativa, ou seja, $p < 0,05$, utilizando-se o programa estatístico SAS, 1997.

Resultados e Discussão

Mesmo com utilização de ventilação mecanicamente controlada e administração de oxigênio a 100%, foram observados vários momentos onde a SpO₂ encontrava-se abaixo de 95%, principalmente nos grupos que não receberam PEEP e nos suínos submetidos a pneumotórax, conforme TABELAS 1 e 3. Este fato pode ser explicado por dois motivos principais: o aumento da pressão intra-abdominal (PIA), que projeta o diafragma em direção aos pulmões, alterando o mecanismo respiratório, por redução do volume corrente (BAILEY e PABLO, 1998) e

concomitante diminuição da capacidade residual funcional (LOECKINGER *et al.*, 2000), dificultando as trocas gasosas (BAILEY e PABLO, 1998), agravados pela distensão abdominal e pressão sobre os grandes vasos abdominais, que gera redução do retorno venoso e diminuição do débito cardíaco (BAILEY e PABLO, 1998), levando à redução da perfusão periférica e aumento da extração de O₂ pelos tecidos (BROCK *et al.*, 2000).

O segundo fator é a utilização do CO₂ para manutenção da PIA, pois este gás possui taxa de solubilidade sanguínea cerca de 20 vezes maior que o O₂ e alta afinidade com a água (GUYTON, 1991), fatores que lhe conferem grande facilidade para transpor a barreira celular causando hipercarbia, principalmente pela diferença entre concentrações da cavidade insuflada e valores sistêmicos de CO₂, devendo ser removido pelo processo da ventilação pulmonar (GUYTON, 1991), elevando a ETCO₂ e reduzindo a SpO₂.

Assim como em nosso experimento, BROCK *et al.* (2000) observaram redução da SPO₂ após insuflação intrapleurar com CO₂ a uma pressão constante de 5 e 15 mm Hg. Este autor relata que a presença de pneumotórax agrava a dificuldade na eliminação do CO₂, devido ao aumento da pressão intratorácica, que faz a relação ventilação alveolar/perfusão (V_A/Q) diminuir, ou seja, aumenta o número de alvéolos sem ventilação, diminuindo a PCO₂ alveolar o que dificulta a eliminação do CO₂ (GUYTON, 1991).

TABELA 1 – FUNÇÃO HEMODINÂMICA DE SUÍNOS SUBMETIDOS A PNEUMOPERITÔNIO COM 15 mmHg DE CO₂, ANESTESIADOS COM HALOTANO OU ISOFLURANO E VENTILADOS COM PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL POSITIVA DE 10 cm DE H₂O (PEEP) OU PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL ZERO (ZEEP) - SANTA MARIA – RS/2002.

| Variáveis | Grupos | Valores basais | 10 min. de ventilação | 20 min. de ventilação | 30 min. de ventilação | 40 min. de ventilação |
|-----------|--------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| MmHg | PAS H / PEEP | 75,75 ± 3,74 | 71,25 ± 8,96 ^B | 80,00 ± 6,16 ^{BC} | 75,75 ± 6,99 | 73,00 ± 9,76 |
| | H / ZEEP | 75,75 ± 3,74 | 79,25 ± 5,56 ^{AB} | 68,50 ± 6,56 ^C | 75,50 ± 13,87 | 72,75 ± 4,57 |
| | I / PEEP | 86,25 ± 16,24 ^{ab} | 100,00 ± 14,40 ^{Aa} | 90,75 ± 13,25 ^{ABab} | 79,75 ± 5,50 ^{ab} | 78,75 ± 5,56 ^b |
| | I / ZEEP | 86,25 ± 16,25 | 92,25 ± 21,87 ^{AB} | 94,00 ± 14,99 ^{AB} | 88,25 ± 14,55 | 91,75 ± 13,05 |
| PAM mmHg | H / PEEP | 50,00 ± 3,74 | 49,25 ± 9,81 | 52,00 ± 4,90 | 48,00 ± 8,60 | 48,50 ± 5,92 |
| | H / ZEEP | 50,00 ± 3,74 | 53,75 ± 4,27 | 48,50 ± 5,26 | 42,00 ± 4,83 | 51,00 ± 3,16 |
| | I / PEEP | 62,00 ± 11,28 ^{ab} | 75,25 ± 11,59 ^a | 62,25 ± 11,59 ^{ab} | 56,00 ± 8,37 ^{ab} | 56,50 ± 8,50 ^{ab} |
| | I / ZEEP | 62,00 ± 11,29 | 71,50 ± 22,22 | 60,50 ± 13,40 | 59,50 ± 15,76 | 55,25 ± 11,87 |
| PAD mmHg | H / PEEP | 38,25 ± 7,68 | 34,25 ± 6,80 | 35,75 ± 5,38 | 37,50 ± 3,79 | 34,25 ± 4,50 |
| | H / ZEEP | 38,25 ± 7,68 | 34,00 ± 2,16 | 33,25 ± 5,12 | 31,50 ± 2,52 | 35,75 ± 3,86 |
| | I / PEEP | 42,50 ± 1,73 ^{ab} | 61,75 ± 13,94 ^a | 49,75 ± 8,42 ^{ab} | 42,50 ± 4,65 ^{ab} | 44,75 ± 7,89 ^b |
| | I / ZEEP | 42,50 ± 1,74 | 60,50 ± 21,52 | 48,50 ± 12,45 | 44,75 ± 14,86 | 42,25 ± 10,72 |
| FC BPM | H / PEEP | 121,50 ± 14,29 ^a | 77,25 ± 2,06 ^b | 78,75 ± 2,99 ^b | 82,00 ± 3,37 ^b | 80,50 ± 2,38 ^b |
| | H / ZEEP | 121,50 ± 14,29 ^a | 83,25 ± 3,69 ^b | 80,00 ± 2,45 ^b | 78,50 ± 2,52 ^b | 78,50 ± 3,11 ^b |
| | I / PEEP | 124,50 ± 23,46 ^a | 99,75 ± 24,05 ^b | 103,50 ± 24,28 ^b | 100,00 ± 19,08 ^b | 100,00 ± 21,56 ^b |
| | I / ZEEP | 124,50 ± 23,47 ^a | 95,50 ± 21,76 ^b | 99,50 ± 20,81 ^b | 97,75 ± 20,52 ^b | 105,50 ± 27,21 ^b |
| V% | H / PEEP | 1,50 ± 0,00 ^{Aa} | 0,88 ± 0,48 ^{Ab} | 0,88 ± 0,25 ^{Ab} | 0,88 ± 0,25 ^{Ab} | 0,88 ± 0,25 ^{Ab} |
| | H / ZEEP | 1,50 ± 0,00 ^{Aa} | 1,00 ± 0,00 ^{Ab} | 0,89 ± 0,13 ^{Abc} | 0,75 ± 0,20 ^{Ac} | 0,57 ± 0,41 ^{AC} |
| | I / PEEP | 2,88 ± 0,48 ^B | 2,75 ± 0,65 ^B | 2,63 ± 0,48 ^B | 2,88 ± 0,25 ^B | 2,63 ± 0,25 ^B |
| | I / ZEEP | 2,88 ± 0,49 ^{Ba} | 2,50 ± 0,41 ^{Bab} | 3,00 ± 0,48 ^{Bb} | 3,00 ± 0,48 ^{Bb} | 2,75 ± 0,29 ^{Bab} |

Valores expressos em média ± desvio padrão onde: ^{ABC} = diferenças entre grupos ao longo dos momentos, ^{abc} = diferenças entre tempos dentro de cada grupo, onde p < 0,05; PAS = Pressão arterial sistólica, PAM = Pressão arterial média, PAD = Pressão arterial diastólica, FC = Frequência cardíaca, V% = Vaporização do gás anestésico, H/PEEP = Grupo halotano + PEEP, H/ZEEP = Grupo halotano + ZEEP, I/PEEP = Isoflurano + PEEP, I/ZEEP = Isoflurano + ZEEP.

O uso da PEEP aumenta a relação V_A/Q , refletindo na quantidade de alvéolos ventilados, melhorando as trocas gasosas entre alvéolos e circulação sanguínea (GUYTON, 1991; LOECKINGER *et al.*, 2000). Nos pacientes que receberam PEEP de 10 cm H₂O foi observado aumento na SpO₂, mais evidente no grupo submetido a pneumotórax, explicado por MALLEY (1990), LOECKINGER *et al.* (2000) que afirmam que a PEEP aumenta a eliminação de CO₂ e melhora a oxigenação por dois motivos principais: maior número de alvéolos ventilados, diminuindo as áreas de “shunts” alveolares e aumento da capacidade residual funcional.

LOECKINGER *et al.* (2000) e MALLEY (1990) afirmam que pneumoperitônio com CO₂ associado à respiração assistida com PEEP reduz o débito cardíaco, diminui o retorno sanguíneo para o coração e descreve dois mecanismos de indução do decréscimo do débito cardíaco pelo uso de PEEP. O

primeiro através do aumento da pressão intratorácica no momento da expansão dos pulmões, comprimindo grandes vasos torácicos, diminuindo o retorno venoso e o segundo pela compressão dos vasos pulmonares provocando aumento na resistência vascular e aumento da pressão no ventrículo direito, prejudicando a contratilidade do miocárdio, que segundo TORRES e BONASSA (2002) será proporcional a PEEP empregada.

No que se refere à pressão arterial, foi observado hipotensão em todos os grupos, tanto nos suínos submetidos a pneumotórax quanto a pneumoperitônio, efeito também observado por MALLEY (1990) e LOECKINGER *et al.* (2000) que relatam o aumento da pressão intra-abdominal como causa de hipotensão e BROCK *et al.* (2000) que afirmam que o pneumotórax tem efeito sobre o débito cardíaco e a pressão arterial, também causando hipotensão.

TABELA 2 – FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DE SUÍNOS SUBMETIDOS A PNEUMOPERITÔNIO COM 15mmHg DE CO₂, ANESTESIADOS COM HALOTANO OU ISOFLURANO E VENTILADOS COM PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL POSITIVA DE 10 cm DE H₂O (PEEP) OU PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL ZERO (ZEEP) SANTA MARIA – RS/2002.

| Variáveis | Grupos | Valores basais | 10 min. de ventilação | 20 min. de ventilação | 30 min. de ventilação | 40 min. de ventilação |
|------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| SPO ₂ | H / PEEP | 98,50 ± 2,38 | 96,5 ± 2,65 | 97,00 ± 2,94 | 97,25 ± 2,50 | 97,25 ± 3,10 |
| | % | | | | | |
| | H / ZEEP | 98,50 ± 2,38 | 95,25 ± 5,68 | 95,00 ± 4,69 | 95,50 ± 4,20 | 97,00 ± 2,16 |
| | I / PEEP | 97,50 ± 1,91 | 95,75 ± 2,22 | 97,75 ± 1,26 | 97,50 ± 1,29 | 97,50 ± 1,73 |
| | I / ZEEP | 97,50 ± 1,92 | 96,50 ± 3,11 | 97,00 ± 2,71 | 97,25 ± 1,71 | 97,75 ± 1,89 |
| | FR | H / PEEP | 19,75 ± 2,06 ^{Ba} | 15,00 ± 3,92 ^{ab} | 13,00 ± 2,16 ^{ab} | 13,25 ± 1,26 ^{ab} |
| MPM | H / ZEEP | 19,75 ± 2,06 ^{Ba} | 13,75 ± 5,56 ^{ab} | 11,50 ± 1,00 ^b | 9,50 ± 5,69 ^b | 11,00 ± 1,41 ^b |
| | I / PEEP | 23,00 ± 8,52 ^{Aa} | 16,00 ± 7,39 ^b | 11,00 ± 3,92 ^b | 15,00 ± 3,37 ^b | 13,25 ± 2,22 ^b |
| | I / ZEEP | 23,00 ± 8,53 ^A | 19,75 ± 7,54 | 11,25 ± 3,30 | 13,75 ± 5,74 | 14,00 ± 6,06 |
| | VC | H / PEEP | 149,75 ± 32,94 ^b | 165,50 ± 33,75 ^{ab} | 171,75 ± 27,57 ^a | 180,50 ± 30,75 ^a |
| ml | H / ZEEP | 149,75 ± 32,94 ^b | 209,00 ± 35,05 ^a | 190,25 ± 42,07 ^a | 195,50 ± 36,43 ^a | 183,75 ± 53,20 ^a |
| | I / PEEP | 165,75 ± 68,05 | 197,50 ± 53,42 | 216,00 ± 32,34 | 186,00 ± 23,34 | 160,75 ± 14,66 |
| | I / ZEEP | 165,75 ± 68,06 | 184,00 ± 57,53 | 230,00 ± 28,72 | 223,00 ± 41,03 | 189,25 ± 83,37 |
| | VM | H / PEEP | 2990,25 ± 889,69 ^a | 1993,50 ± 240,02 ^b | 2316,75 ± 354,99 ^{ab} | 2477,50 ± 459,20 ^{ab} |
| ml/min | H / ZEEP | 2990,25 ± 889,69 ^a | 2347,75 ± 587,82 ^a | 2274,50 ± 560,72 ^a | 2317,00 ± 551,77 ^a | 2086,00 ± 822,97 ^a |
| | I / PEEP | 1968,75 ± 796,74 | 2500,75 ± 310,51 | 2303,75 ± 921,57 | 2402,50 ± 608,63 | 2493,25 ± 780,74 |
| | I / ZEEP | 1968,75 ± 796,75 | 2666,00 ± 670,96 | 2505,25 ± 1067,49 | 2630,25 ± 569,60 | 2803,25 ± 1446,94 |
| | ETCO ₂ | H / PEEP | 44,75 ± 2,5 | 46,25 ± 2,63 ^A | 45,50 ± 2,38 ^A | 42,00 ± 5,72 ^A |
| mmHg | H / ZEEP | 44,75 ± 2,5 ^a | 41,00 ± 2,45 ^{ABab} | 39,50 ± 1,73 ^{ABab} | 38,50 ± 1,73 ^{ABab} | 43,00 ± 6,68 ^{ab} |
| | I / PEEP | 40,25 ± 4,57 | 40,75 ± 7,14 ^{AB} | 34,50 ± 3,32 ^B | 33,75 ± 2,22 ^B | 34,00 ± 1,83 |
| | I / ZEEP | 40,25 ± 4,58 | 36,75 ± 4,65 ^{Bb} | 34,25 ± 2,63 ^{Bb} | 33,25 ± 5,12 ^{Bb} | 35,75 ± 3,59 ^b |

Valores expressos em média ± desvio padrão onde: ^{AB} = diferenças entre grupos ao longo dos momentos, ^{ab} = diferenças entre tempos dentro de cada grupo, onde p < 0,05. SpO₂ = Saturação parcial de oxigênio na hemoglobina, ETCO₂ = Concentração final de dióxido de carbono expirado; FR = Frequência respiratória, VC = Volume corrente, VM = Volume minuto, H/PEEP = Grupo halotano + PEEP, H/ZEEP = Grupo halotano + ZEEP, I/PEEP = Isoflurano + PEEP, I/ZEEP = Isoflurano + ZEEP.

A hipotensão foi observada desde a primeira mensuração, ou seja, nos valores basais, em todos os grupos e tempos, sendo maior nos pacientes que receberam halotano. O grupo que recebeu isoflurano e PEEP (I/PEEP) apresentou hipotensão gradativa, aumentando ao final dos 40 minutos. Podendo ser explicada por BERNARD *et al.* (1992) que observaram taquicardia e redução na pressão arterial média, em cães anestesiados com isoflurano e GILBERT *et al.* (1988) que reportaram menor redução da pressão arterial, do débito cardíaco e do volume ejetado com isoflurano quando comparado com a anestesia com halotano. O isoflurano tem efeito mínimo sobre o sistema cardiovascular, atuando na manutenção do débito cardíaco em valores normais e apresenta efeito β-adrenérgico, causa diminuição da resistência vascular e hipotensão arterial e o halotano age

diretamente sobre o miocárdio deprimindo o sistema cardiovascular (STEFY, 1996).

A hipotensão observada pode ser explicada pela associação de vários fatores como o aumento da pressão intra-abdominal ou intratorácica, o uso de agentes anestésicos halogenados, e também o uso da PEEP, pois todos estes fatores interferem no débito cardíaco e podem ter seus efeitos hipotensores potencializados quando associados.

MARCUS *et al.* (1996) observaram em suínos submetidos a pneumotórax experimental durante pneumoperitônio aumento da PAS após insuflação intra-abdominal e queda nesta variável após início do pneumotórax induzido, e retorno da pressão arterial a níveis basais após desinsuflação e aumento na FC após o início do pneumotórax. Neste experimento não foi observado elevação da PAS após

insuflação abdominal e sim hipotensão, discordando dos achados do autor acima, porém os resultados concordam com MARCUS *et al.* (1996) no que se

refere à maior hipotensão observada no grupo submetido a pneumoperitônio em relação ao grupo submetido a pneumotórax.

TABELA 3 – FUNÇÃO HEMODINÂMICA DE SUÍNOS SUBMETIDOS A PNEUMOTÓRAX COM 5mmHg DE CO₂, ANESTESIADOS COM HALOTANO OU ISOFLURANO E VENTILADOS COM PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL POSITIVA DE 10 cm DE H₂O (PEEP) OU PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL ZERO (ZEEP) SANTA MARIA – RS/2002.

| Variáveis | Grupos | Valores basais | 10 min de ventilação | 20 min de ventilação | 30 min de ventilação | 40 min de ventilação |
|-------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| PAS mmHg | H / PEEP | 86,00 ± 24,99 ^a | 78,67 ± 26,01 ^a | 66,00 ± 20,07 ^{ab} | 69,67 ± 21,36 ^{ab} | 57,67 ± 8,96 ^b |
| | H / ZEEP | 86,00 ± 24,99 | 76,00 ± 4,79 | 71,25 ± 17,76 | 78,00 ± 17,09 | 68,50 ± 16,13 |
| | I / PEEP | 85,75 ± 16,40 | 82,50 ± 10,63 | 87,50 ± 10,63 | 77,5 ± 14,47 | 68,25 ± 16,50 |
| PAM mmHg | I / ZEEP | 85,75 ± 16,40 | 78,50 ± 35,07 | 84,00 ± 31,85 | 84,75 ± 23,08 | 82,00 ± 23,53 |
| | H / PEEP | 75,00 ± 22,18 ^a | 46,33 ± 15,14 ^b | 43,67 ± 20,82 ^b | 43,67 ± 24,54 ^b | 36,00 ± 6,24 ^{Bb} |
| | H / ZEEP | 75,00 ± 22,18 ^a | 51,25 ± 8,92 ^{ab} | 45,75 ± 11,18 ^b | 50,67 ± 15,95 ^{ab} | 45,40 ± 12,56 ^{ABab} |
| PAD mmHg | I / PEEP | 61,75 ± 10,53 | 56,25 ± 6,02 | 64,75 ± 4,99 | 51,00 ± 9,41 | 50,00 ± 13,11 ^{AB} |
| | I / ZEEP | 61,75 ± 10,53 | 57,00 ± 30,73 | 54,50 ± 23,58 | 59,50 ± 21,00 | 59,00 ± 20,14 ^A |
| | H / PEEP | 48,75 ± 14,59 ^a | 35,00 ± 11,27 ^{ab} | 30,67 ± 15,01 ^{ab} | 33,00 ± 19,97 ^{ab} | 25,33 ± 3,21 ^b |
| FC BPM | H / ZEEP | 48,75 ± 14,59 | 39,25 ± 9,54 | 34,75 ± 9,84 | 34,00 ± 15,52 | 29,50 ± 10,85 |
| | I / PEEP | 47,75 ± 13,35 | 42,50 ± 9,74 | 48,75 ± 11,30 | 35,5 ± 7,23 | 36,00 ± 11,52 |
| | I / ZEEP | 47,75 ± 13,35 | 45,25 ± 24,81 | 43,50 ± 22,75 | 42,75 ± 22,06 | 42,50 ± 22,86 |
| V% BPM | H / PEEP | 123,50 ± 9,26 ^{Aa} | 88,50 ± 7,77 ^b | 83,50 ± 4,51 | 85,50 ± 4,43 ^b | 88,50 ± 10,54 ^b |
| | H / ZEEP | 123,50 ± 9,26 ^A | 108,25 ± 9,67 | 102,75 ± 19,48 | 106,25 ± 29,98 | 103,00 ± 23,69 |
| | I / PEEP | 129,50 ± 5,74 ^{Ba} | 100,75 ± 16,30 ^b | 100,75 ± 16,30 ^{ab} | 104,75 ± 13,1 ^b | 94,50 ± 11,36 ^b |
| V% BPM | I / ZEEP | 129,50 ± 5,74 ^{Ba} | 97,00 ± 14,09 ^b | 103,75 ± 24,40 ^b | 103,75 ± 20,56 ^b | 110,25 ± 25,32 ^{ab} |
| | H / PEEP | 1,75 ± 0,50 ^A | 1,50 ± 0,46 | 1,31 ± 0,43 ^A | 1,19 ± 0,47 ^A | 1,20 ± 0,63 ^A |
| | H / ZEEP | 1,75 ± 0,50 ^A | 1,69 ± 0,13 | 1,75 ± 0,20 ^A | 1,69 ± 0,63 ^A | 1,63 ± 0,63 ^A |
| V% BPM | I / PEEP | 3,25 ± 0,50 ^B | 3,00 ± 0,41 | 3,00 ± 0,41 ^B | 3,00 ± 0,00 ^B | 2,94 ± 0,13 ^B |
| | I / ZEEP | 3,25 ± 0,50 ^{Ba} | 2,94 ± 0,43 ^b | 2,88 ± 0,48 ^B | 2,88 ± 0,48 ^B | 2,88 ± 0,48 ^B |

Valores expressos em média ± desvio padrão onde: ^{AB} = diferenças entre grupos ao longo dos momentos, ^{ab} = diferenças entre tempos dentro de cada grupo, onde p<0,05 PAS = Pressão arterial sistólica, PAM = Pressão arterial média, PAD = Pressão arterial diastólica, FC = Frequência cardíaca, V% = Vaporização do gás anestésico, H/PEEP = Grupo halotano + PEEP, H/ZEEP = Grupo halotano + ZEEP, I/PEEP = Isoflurano + PEEP, I/ZEEP = Isoflurano + ZEEP.

Nos suínos submetidos a pneumoperitônio não foi observada diferença entre grupos na frequência cardíaca, mas houve uma redução de 35% em relação aos valores basais no grupo que recebeu halotano e 20% no grupo que recebeu isoflurano conforme TABELA 1. A frequência cardíaca dos pacientes anestesiados com halotano e submetidos a PEEP manteve-se menor, quando comparada com os demais grupos. Já nos pacientes que receberam pneumotórax (TABELA 3) foi observado redução de 15% em relação aos valores basais na FR, do grupo que recebeu halotano e 11% no grupo que recebeu isoflurano e ZEEP (I/ZEEP).

Também foi observada diferença

significativa entre os valores basais e os demais tempos na frequência respiratória (TABELAS 2 e 4) dos animais submetidos a pneumotórax e pneumoperitônio. Acredita-se que estas diferenças se devem ao fato de que o plano anestésico destes pacientes encontrava-se mais superficial durante a primeira mensuração, em relação aos demais tempos, uma vez que neste período a anestesia dos mesmos estava sendo estabilizada. Talvez por este motivo os valores não variaram entre os demais tempos, uma vez que após o início da ventilação mecânica os animais permaneciam estabilizados por 80 minutos.

TABELA 4 – FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DE SUÍNOS SUBMETIDOS A PNEUMOTÓRAX COM 5 mmHg DE CO₂, ANESTESIADOS COM HALOTANO OU ISOFLURANO E VENTILADOS COM PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL POSITIVA DE 10 CM DE H₂O (PEEP) OU PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL ZERO (ZEEP) SANTA MARIA – RS/2002.

| Variáveis | Grupos | Valores basais | 10 min. de ventilação | 20 min. de ventilação | 30 min. de ventilação | 40 min. de ventilação |
|-----------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| SPO ₂ % | H/ PEEP | 98,25 ± 1,26 | 97,50 ± 1,91 ^A | 96,50 ± 5,74 ^A | 99,50 ± 1,00 ^A | 99,00 ± 0,82 ^A |
| | H / ZEEP | 98,25 ± 1,26 | 85,25 ± 8,54 ^B | 91,75 ± 10,72 ^A | 91,50 ± 11,82 ^B | 90,75 ± 11,35 ^B |
| | I / PEEP | 97,25 ± 2,21 | 95,00 ± 3,16 ^A | 96,75 ± 1,70 ^A | 97,25 ± 1,25 ^A | 97,50 ± 1,29 ^A |
| | I / ZEEP | 97,25 ± 2,2 | 85,00 ± 15,40 ^B | 87,75 ± 12,03 ^B | 88,75 ± 11,67 ^B | 89,50 ± 11,15 ^B |
| FR | H / PEEP | 15,50 ± 5,80 ^a | 11,75 ± 2,63 ^b | 12,00 ± 2,94 ^b | 10,25 ± 2,06 ^b | 10,50 ± 1,73 ^b |
| | H / ZEEP | 15,50 ± 5,80 ^a | 13,00 ± 4,40 ^b | 10,50 ± 1,73 ^b | 11,00 ± 2,16 ^b | 12,50 ± 3,70 ^b |
| MPM | I / PEEP | 17,75 ± 3,10 | 12,50 ± 2,38 | 12,50 ± 2,38 | 10,75 ± 2,50 | 10,50 ± 1,91 |
| | I / ZEEP | 17,75 ± 3,10 ^a | 13,25 ± 2,36 ^b | 13,25 ± 2,75 ^b | 11,75 ± 2,36 ^b | 13,00 ± 2,16 ^b |
| | VC | H / PEEP | 158,75 ± 143,87 | 188,75 ± 45,98 | 186,00 ± 40,21 | 191,75 ± 74,46 |
| ml | H / ZEEP | 158,75 ± 143,87 | 172,00 ± 86,27 | 228,75 ± 84,01 | 189,50 ± 60,12 | 181,50 ± 74,68 |
| | I / PEEP | 133,25 ± 30,58 ^b | 161,75 ± 81,88 ^a | 161,75 ± 81,88 ^a | 211,25 ± 81,57 ^a | 195,50 ± 66,57 ^a |
| | I / ZEEP | 133,25 ± 30,55 ^b | 170,00 ± 35,11 ^a | 179,50 ± 36,92 ^a | 184,00 ± 58,01 ^a | 174,50 ± 77,76 ^a |
| | VM | H / PEEP | 1825,75 ± 440,55 | 1858,00 ± 613,97 | 2241,75 ± 194,73 | 1964,75 ± 321,46 |
| ml/min | H / ZEEP | 1825,75 ± 440,55 | 2084,25 ± 485,79 | 1457,00 ± 3007,00 | 2008,25 ± 350,53 | 2107,00 ± 292,68 |
| | I / PEEP | 1952,25 ± 784,96 ^b | 1961,75 ± 1323,85 ^{ab} | 1961,75 ± 1323,85 ^a | 2356,50 ± 1352,79 ^{ab} | 2143,50 ± 973,06 ^{ab} |
| | I / ZEEP | 1952,25 ± 784,96 | 2096,50 ± 567,73 | 2360,75 ± 833,35 | 1905,25 ± 626,66 | 2144,00 ± 1266,81 |
| | ETCO ₂ | H / PEEP | 40,50 ± 5,32 | 39,00 ± 2,94 | 35,75 ± 2,63 | 37,50 ± 2,65 |
| mmHg | H / ZEEP | 40,50 ± 5,32 | 47,00 ± 11,94 | 39,50 ± 11,09 | 40,50 ± 9,71 | 43,00 ± 12,03 |
| | I / PEEP | 42,75 ± 8,30 | 47,00 ± 8,68 | 47,00 ± 8,68 | 36,25 ± 4,11 | 36,50 ± 3,42 |
| | I / ZEEP | 42,75 ± 8,30 | 39,50 ± 4,93 | 42,75 ± 6,34 | 42,50 ± 4,51 | 4300, ± 4,24 |

Valores expressos em média ± desvio padrão onde: ^{AB} = diferenças entre grupos ao longo dos momentos, ^{ab} = diferenças entre tempos dentro de cada grupo, onde p<0,05 SpO₂ = Saturação parcial de oxigênio na hemoglobina, ETCO₂ = Concentração final de dióxido de carbono expirado, FR = Frequência respiratória, VC = Volume corrente, VM = Volume minuto, H/PEEP = Grupo halotano + PEEP, H/ZEEP = Grupo halotano + ZEEP, I/PEEP = Isoflurano + PEEP, I/ZEEP = Isoflurano + ZEEP.

Segundo CHRISTOPHER *et al.* (1999) quando se observa uma alteração na ETCO₂ imediatamente se procura ajustar o volume-minuto, para manter os níveis de CO₂ estáveis. Neste experimento a ETCO₂ foi mantida entre 35 e 45 mm Hg, ou seja, em níveis fisiológicos, com a intenção de manter a eliminação do CO₂ constante. Por este motivo não foi observada diferença significativa entre tempos nas variáveis FR, VC, VM, ETCO₂, (TABELAS 2 e 4), indicando adequada ventilação durante todo o experimento. GUYTON (1991) relata que a diferença entre pressão de CO₂ alveolar e sanguínea é mínima, cerca de 1 mm Hg, devido à rápida difusão através das membranas celulares, sendo bastante complicado a mensuração desta diferença, assim a ETCO₂ é um excelente parâmetro para monitorar pacientes onde

se visa normocapnia.

Os pacientes foram anestesiados com 2,5 V% de isoflurano concordando com THURMON (1996) que relataram que a manutenção anestésica com isoflurano deve ser de 2,0 a 3,0V%. Entretanto a concentração de 0,88 V% de halotano utilizada neste experimento difere dos valores de 1,5 a 2,5 V% citados para o halotano pelo mesmo autor.

Conclusão

A ventilação mecânica com PEEP de 10 cm H₂O produz valores de SpO₂ superiores à ZEEP e aumenta a hipotensão desencadeada pela associação dos efeitos da anestesia geral com halotano ou isoflurano e os efeitos do pneumotórax ou do pneumoperitônio sobre a hemodinâmica.

Referências

- BAILEY, J.E.; PABLO, L.S. Anesthetic and physiologic considerations for veterinary endosurgery In: FREEMAN, L. J. **Veterinary Endosurgery**. Boston: Mosby, 1998. p. 24-43.
- BERNARD, J.M.; DOURSOUT, M.F.; WOUTERS, P.; HARTLEY, C.J.; MERIN, R.G.; CHELLY, J.E. Effects of Sevoflurane and Isoflurane on Hepatic Circulation in the Chronically Instrumented Dog. **Anesthesiology**, Hagerstown, v. 77, n. 3, p. 541-545, 1992.
- BROCK, H.; RIEGER, R.; GABRIEL, C.; POLZ, W.; MOOSBAUER, W.; NECEK, S. Hemodynamic changes during toracoscopic surgery: The effects of one-lung ventilation compared with carbon dioxide insufflation. **Anesthesia**, v. 55, n. 1, p. 10-16, 2000.
- CHRISTOPHER, S.N.G.; GILL, I.S.; SUNG, G.T.; WHALLEY, D.G.; GRAHAM, R.; SCHWEIZER, D. Retroperitoneoscopic surgery is not associated with increased carbon dioxide absorption. **Journal of Urology**, Baltimore, v. 162, n. 4, p. 1268, 1999.
- GILBERT, M.; ROBERTS, M.D.; MORI, M.; BLOMBERG, R.; TINKER, J.H. Comparative Coronary Reactivity and Hemodynamic During Halothane and Isoflurane Anesthesia in Swine. **Anesthesiology**, Hagerstown, n. 68, p. 243-253, 1988.
- GUYTON, A.C. **Tratado de Fisiologia Médica**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1991. p. 351-406.
- JONES, D.R.; GRAEBER, G.M.; TANGUILIG, G.G.; MURRIA, G.F. Effects of insufflations on hemodynamic during thoracoscopy. **Annals of Thoracic Surgery**, New York, v. 55, n. 6, p. 1379-1382, 1993.
- LOECKINGER, A.; KLEINSASSER, A.; HOERMANN, C.; ANETTE, K.; GASSNER, M.; FRIEDRICH, P.; LINDNER, K. Inert Gas Exchange During Pneumoperitoneum at Incremental Values of Positive End-Expiratory Pressure. **Anesthesia & Analgesia**, Baltimore, v. 90 p. 466-472, 2000.
- MALLEY, W.J. **Clinical Blood Gases**, Application and Noninvasive Alternatives. Philadelphia: Saunders, 1990. 379p.
- MARCUS, D.R.; LAU, W.M.; SWANSTROM, L.L. Carbon Dioxide Pneumothorax in Laparoscopic Surgery. **The American Journal of Surgery**, Desplaines, v. 171, p. 464-466, 1996.
- OHTSUKA, T.; IMANAKA, K.; ENDOH, M.; KOHNO, T.; NAKAJIMA, J.; KOTSUKA, Y. Hemodynamic Effects of Carbon Dioxide Insufflation Under Single-Lung Ventilation During Thoracoscopy. **Annals of Thoracic Surgery**, New York, v. 68, p. 29-33, 1999.
- PADDLEFORD, R.R. **Manual of small Animal Anesthesia** 2. Ed. Philadelphia: Saunders, 1999.
- PAW, P.; SACKIER, J.M. Complications of laparoscopy and thoracoscopy. **Journal of Intensive Care Medicine**, Cambridge, v. 6, n. 9, p. 290-304, 1994.
- STEFEEY, E.P. Inhalation Anesthetics. In: THURMON, J.C.; TRANQUILLI, W.J.; BENSON, G.J. **Lumb & Jones Veterinary Anesthesia**, Philadelphia: Williams & Wilkins, 1996. p.297-299.
- THURMON, J.C.; TRANQUILLI, W.J.; BENSON, G.J. **Lumb & Jones Veterinary Anesthesia**. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1996. 928 p.
- TOGAL, T.; GULHAS, N.; CICEK, M. Carbon dioxide pneumothorax during laparoscopic surgery. **Surgery Endoscopic**, Berlin, v. 4, p. 123-128, 2002.
- TORRES, M.L.A.; BONASSA, J. Anestesia Inalatória. In: FANTONI, D.T.; CORTOPASSI, S.R.G. **Anestesia em Cães e Gatos**. São Paulo:Roca, 2002. p.95-106.
- WALSH, P.J.; REMEDIOS, A.M.; FERGUSON, J.F. Thoracoscopic versus open pericardectomy in dogs: Comparison of postoperative pain and morbidity. **Veterinary Surgery**, Philadelphia, v. 28, p. 472-479, 1999.

Recebido para publicar: 25/06/2002
 Aprovado: 20/09/2002