LARA LOPES FACÓ MOTT

Avaliação hemodinâmica, de oxigenação, mecânica pulmonar e marcadores de inflamação em equinos submetidos a videolaparoscopia em posição de Trendelenburg

São Paulo

2012

LARA LOPES FACÓ MOTT

Avaliação hemodinâmica, de oxigenação, mecânica pulmonar e marcadores de inflamação em equinos submetidos a videolaparoscopia em posição de Trendelenburg

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Departamento:
Cirurgia

Área de concentração:
Clínica Cirúrgica Veterinária

Orientadora:
Prof[a]. Dr[a]. Aline Magalhães Ambrósio

SÃO PAULO
2012

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.2736
FMVZ

Mott, Lara Lopes Facó
Avaliação hemodinâmica, de oxigenação, mecânica pulmonar e marcadores de inflamação em equinos submetidos a videolaparoscopia em posição de Trendelenburg / Lara Lopes Facó Mott. -- 2012.
106 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2012.

Programa de Pós-Graduação: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Área de concentração: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Orientador: Profa. Dra. Aline Magalhães Ambrósio.

1. Equino. 2. Trendelenburg. 3. Ventilação. 4. Laparoscopia. 5. Pneumoperitônio. I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

Comissão de Ética no uso de animais

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Avaliação Hemodinâmica, de Oxigenação, Mecânica Pulmonar e Mercadores de Inflamação em Equinos Submetidos à Videolaparoscopia em Posição de Trendelenburg", protocolado sob o nº 2622/2012, utilizando 6 (seis) cavalos, sob a responsabilidade da Profa. Dra. Aline Magalhães Ambrósio, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da "Comissão de Ética no uso de animais" da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado em reunião de 16/5/2012.

We certify that the Research "Evaluation of hemodynamic, oxygenation and pulmonary mechanic status and inflammatory markers in horses undergoing video laparoscopic surgery in Trendelenburg position", protocol number 2622/2012, utilizing 6 (six) horses, under the responsibility Profa. Dra. Aline Magalhães Ambrósio, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by "Ethic Committee in the use of animals" of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo and was approved in the meeting of day 5/16/2012.

São Paulo, 17 de maio de 2012.

Denise Tabacchi Fantoni
Presidente

Av. Prof. Dr. Orlando Marques de Paiva, nº87
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira
São Paulo/SP – Brasil
05508-270

fone: + 55 11 3091-7671/7676
Fax: +55 11 3032-2224
E-mail: fmvz@usp.br
http://www.fmvz.usp.br

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: FACÓ-MOTT, Lara Lopes

Título: Avaliação hemodinâmica, de oxigenação, mecânica pulmonar e marcadores de inflamação em equinos submetidos a videolaparoscopia em posição de Trendelenburg

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Data:____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr._____

Instituição:_____ Julgamento_____

Prof. Dr._____

Instituição:_____ Julgamento_____

Prof. Dr._____

Instituição:_____ Julgamento_____

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Tony e Beth, por todo o amor e apoio incondicionais e pelo esforço para que todos os meus sonhos se tornem realidade

Ao meu querido Gabriel, marido e companheiro, por seu amor, paciência e infinita generosidade demonstrados diariamente

Aos meus avós, Francisco Ursino e Sônia, pelo exemplo de vida e presença constante em todas as etapas da minha formação

Aos meus animais de estimação, Sebastian, Isaac e Louis pela amizade e compreensão que lhes são peculiares

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir que mais uma etapa seja cumprida e pelas pessoas que colocou ao meu lado.

A minha orientadora Aline Magalhães Ambrósio, por todo o conhecimento generosamente compartilhado, pelo seu imenso apoio nos momentos difíceis e pela confiança em mim depositada.

A professora Denise Tabacchi Fantoni, por ser um exemplo e inspiração para todos que a cercam, pelos conselhos e ensinamentos.

Aos professores Luis Cláudio Lopes Correia da Silva e André Luiz do Valle De Zoppa pelo apoio e cooperação para que este trabalho fosse realizado.

Aos meus familiares que, mesmo à distância, sempre ma apóiam e demonstram todo seu carinho.

Ao amigo e companheiro de trabalho Julio David Spagnolo, pela colaboração fundamental neste projeto, pelo apoio e palavras de conforto nos dias difíceis.

As queridas amigas Teresa Souto, Márcia Kahvegian, Larissa Cardoso e Roberta Campos pelo companheirismo, dedicação e valorosa participação neste estudo.

Ao amigo Daniel Hoffman Golcman por sua cumplicidade fraternal, preocupação e incentivo diários.

As pós-graduandas Ludmila Moroz e Keila Kazue pelo apoio e ajuda durante toda a confecção deste trabalho.

A amiga Daniela Aparecida Godói Kemper pela parceria, pela troca de conhecimento e por ter me permitido lhe mostrar o quanto os cavalos são especiais.

A amiga Fernanda Nóbrega, pela ajuda e por compartilhar o amor e cuidado pelos cavalos.

Aos funcionários do serviço de cirurgia de grandes animais Henrique e Cícero, e do serviço de clínica médica de eqüinos Marcos, pela ajuda em todos os momentos necessários.

Aos cavalos utilizados neste trabalho, que constituíram a ferramenta fundamental para minha formação e aprimoramento acadêmico. A esta espécie pretendo dedicar todos os esforços durante minha carreira profissional.

EPÍGRAFE

“ Um cavalo galopa com seus pulmões, persevera com seu coração e vence com seu caráter”

Frederico Tesio

RESUMO

MOTT, L. L. F. **Avaliação hemodinâmica, de oxigenação, mecânica pulmonar e marcadores de inflamação em equinos submetidos a videolaparoscopia em posição de Trendelenburg**. **[**Evaluation of hemodynamic, oxygenation and pulmonary mechanic status and inflammatory markers in horses undergoing video laparoscopic surgery in Trendelenburg position]. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012

A laparoscopia em equinos para a realização de castração de criptorquídicos, herniorrafia inguinal, biópsias teciduais, ovariectomia e exploração abdominal são procedimentos freqüentes na medicina veterinária atualmente e muitas vezes, requerem anestesia geral. Para tanto, há a necessidade do posicionamento do animal com inclinação da cabeça para baixo e elevação da pelve (posição de Trendelenburg) e a insuflação de dióxido de carbono (CO_2) sob pressão na cavidade abdominal, pois este procedimento facilita a visualização dos órgãos abdominais pelo cirurgião. Este técnica pode promover diversas alterações sistêmicas no animal, principalmente em relação à hemodinâmica, oxigenação e mecânica respiratória. O objetivo este estudo foi avaliar os efeitos da insuflação abdominal com CO_2 e a posição de Trendelenburg sobre a mecânica respiratória, hemodinâmicas central e periférica, oxigenação e marcadores inflamatórios sistêmicos em equinos adultos, submetidos à ventilação controlada associada à pressão positiva no final da expiração (PEEP). Para tanto foram utilizados 8 equinos, sendo 7 machos e 1 fêmea, pesando 367±56 Kg. Os animais foram medicados com MPA, seguida de indução anestésica e anestesia inalatória com isoflurano. Após o período de instrumentação foi realizada uma manobra de recrutamento alveolar, instituição do pneumoperitônio de 8 mmHg e inclinação da mesa cirúrgica em 25° por 60 minutos. Os parâmetros foram avaliados após a manobra de recrutamento alveolar, 10 e 60 minutos após a inclinação da mesa e 30 minutos após o retorno ao decúbito dorsal. Durante o período em que os animais permaneceram em Trendelenburg houve aumento significativo de PAP, POAP, PVC, IRVS, IRVP e IS. O mesmo ocorreu com as pressões de pico e de platô e com a resistência. Ao longo deste mesmo período houve ainda diminuição da fração PaO_2/FiO_2, aumento da diferença de conteúdo arteriovenoso de oxigênio e aumento da taxa de extração de oxigênio. Em relação

aos valores de IL- 1Ra, IL-10 e TNFα não houve diferença entre aqueles obtidos antes e depois do procedimento experimental.

Palavras-chave: Eqüino. Trendelenburg. Ventilação. Laparoscopia. Pneumoperitônio.

ABSTRACT

FACO-MOTT, L. L. **Evaluation of hemodynamic, oxygenation and pulmonary mechanic status and inflammatory markers in horses undergoing video laparoscopic surgery in Trendelenburg position.** [Avaliação hemodinâmica, de oxigenação, mecânica pulmonar e marcadores de inflamação em equinos submetidos a videolaparoscopia em posição de Trendelenburg]. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Laparoscopic surgeries in horses to perform castration of cryptorchid, tissue biopsies and ovariectomy are common and often require general anesthesia. In addition, there is the need for placement the animal with head tilt and elevation of pelvis (Trendelenburg) and insufflation of carbon dioxide (CO2) under pressure in abdominal cavity. This study aimed to evaluate changes in mechanical ventilation, systemic inflammatory response as well as hemodynamic changes and oxygenation values in horses during surgery in Trendelenburg position. The studied population consisted of 8 horses, weighting 367±56 kg. The animals were kept under general anesthesia in dorsal recumbency, with 8 mmHg capnoperitonium and tilted at 25° for 60 minutes. During a preliminary stabilization period the horses were instrumented for monitoring and data collection. The mechanical ventilation was performed with controlled volume and positive end-expiratory pressure (PEEP). Before placing the animal in Trendelemburg position one recruitment maneuver was performed. All data were recorded at 10 and 60 minutes after tilting the animal and after 30 minutes it has been placed back in dorsal recumbency. There was a significant variation of PAP, OPPA, CVP, SVRI and PVRI before and after the tilted position. There was also increase in inspiratory pick pressure, plateau pressure and expired CO_2. The static compliance decreased 32%, followed by enhancement of $PaCO_2$ from 53 to 72 mmHg until the end of Trendelemburg. The PaO2/FiO2 ratio reduced 37% followed by decrease in oxygen saturation. The ventilation strategy associated with procedure did not promote enhancement of plasmatic concentrations of IL-10, IL- 1Ra, and TNFα.

Keywords: Equine. Trendelenburg. Ventilation. Laparoscopy. Capnoperitonio.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média e desvio padrão do peso e da superfície corpórea dos 8 animais submetidos à laparoscopia em Trendelenburg – FMVZ / USP, 2012…….....45.

Tabela 2 – Média e desvio padrão dos parâmetros avaliados antes da aplicação da medicação pré anestésica – FMVZ / USP, 2012...46

Tabela 3 – Média e desvio padrão dos parâmetros de hemogasometria arterial avaliados antes da aplicação da medicação pré anestésica – FMVZ / USP, 2012…….....46

Tabela 4 – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros hemodinâmicos aferidos em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012…….....…...47

Tabela 5 – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros de ventilação coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2011/2012.....55

Tabela 6 – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros metabólicos e de hemogasometria arterial coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ / USP, 2012.....60

Tabela 7 – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros metabólicos e de hemogasometria venosa coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012……..…...65

Tabela 8 – Valores de IL -1Ra, em coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....68

Tabela 9 – Valores de IL -10, mensurados em densidade óptica (DO), coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....69

Tabela 10 – Valores de TNF- α, mensurados em densidade óptica (DO), coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 20102.....71

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Valores de média e desvio padrão da pressão venosa central aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....49

Gráfico 2 – Valores de média e desvio padrão da pressão de artéria pulmonar aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....50.

Gráfico 3 – Valores de média e desvio padrão da pressão de obstrução de artéria pulmonar aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....51

Gráfico 4 – Valores de média e desvio padrão do índice de resistência vascular sistêmica aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....52

Gráfico 5 – Valores de média e desvio padrão do índice de resistência vascular pulmonar aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012...53.

Gráfico 6 – Valores de média e desvio padrão da pressão de índice sistólico aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....54

Gráfico 7 – Valores de média e dsvio padrão da pressão de pico aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....57.

Gráfico 8 – Valores de média e desvio padrão da pressão de plateau aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....58

Gráfico 9 – Valores de média e desvio padrão da resistencia aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....58

Gráfico 10 – Valores de média e desvio padrão da relação PaO_2/FiO_2 aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....62

Gráfico 11 – Valores de média e desvio padrão da diferença arteriovenosa de oxigênio aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012...63

Gráfico 12 – Valores de média e desvio padrão da taxa de extração de oxigênio aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....64.

Gráfico 13 – Valores de média e desvio padrão da saturação de oxigênio no sangue venoso misto aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....66.

Gráfico 14 – Valores de média e desvio padrão do conteúdo de oxigênio no sangue venoso misto aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.....67.

Gráfico 15 - Valores de IL -1 Ra obtidos em densidade óptica (DO) para os momentos estudados– FMVZ/ USP, 2012.....69

Gráfico 16 – Valores de IL -10 obtidos em densidade óptica (DO) para os momentos estudados – FMVZ/USP, 2012.....70

Gráfico 17 – Valores individuais para os sete animais de TNF - α, obtidos em densidade óptica (DO), para os momentos estudados – FMVZ/ USP, 2012.....72

.

Quadro 1 - Lista de momentos avaliados, e os seguintes parâmetros colhidos: citocinas, gasometria, cardiorespiratório e hemodinâmica/mecânica - São Paulo, SP - 2011.....43

Quadro 2 – Valores de IL -1Ra, mensurados em picogramas/mL, coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012.68

Quadro 3 – Valores de IL -10, mensurados em picogramas/mL, coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012 .70

Quadro 4 – Valores de TNF- α, mensurados em picogramas/mL, coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 20102.....71

Figura 1 –. Delineamento experimental dos momentos de coleta de dados - SãoPaulo,SP 2011.....43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BE	Déficit de base
CaO_2	Conteúdo arterial de oxigênio
Comp estat	Complacência estática
CvO_2	Conteúdo venoso de oxigênio
DC	Debito cardíaco
DO	Densidade óptica
EGG	Éter gliceril guaiacol
$EtCO_2$	Concentração de dióxido de carbono no ar expirado
FC	Freqüência cardíaca
FiO_2	Fração inspirada de oxigenio
FR	Freqüência respiratória
Hb	Hemoglobina
HCO_3	Bicarbonato plasmático
Ht	Hematocrito
I:E	Relação inspiração- expiração
IC	Índice cardíaco
IDO_2	Índice de tranporte de oxigênio
IL-1	Interleucina 1
IL-10	Interleucina 10
IRVP	Índice de resistência vascular pulmonar
IRVS	Índice de resisitencia vascular sistêmica
IV	Intravenosa
Kg	Kilograma

L	Litro
LBA	Lavado bronco alveolar
M10Trend	10 minutos após posicionamento em Trendelenburg
M24horas	24 horas após o final da ventilação
M5Ind	5 minutos após a indução anestésica
M5MPA	5 minutos apos a aplicação da MPA
M60Trend	60 minutos após o posicionamento em Trendelenburg
MBMPA	Momento basal antes da aplicação da MPA
MDorsal	30 minutos após retornar ao posicionamento em decúbito dorsal
Min	Minuto
mmHg	Milímetro de mercúrio
mmol	Mili molar
MPA	Medicação pré-anestésica
MRecrut	2 minutos após a manobra de recurtamento
$PaCO_2$	Pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial
PAD	Pressão arterial diastólica
PAM	Pressão arterial média
PaO_2	Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial
PAP	Pressão de artéria pulmonar
PAS	Pressão arterial sistólica
Pb	Pressão barométrica
PEEP	Pressão positiva ao final da expiração
pH	Potencial hidrogeniônico
Pins	Pressão inspiratória
POAP	Pressão de oclusão da artéria pulmonar

Ppico	Pressão de pico
Pplat	Pressão de plateau
Pt	Proteína plasmática total
PVC	Pressão venosa central
$PvCO_2$	Pressão parcial de dióxido de carbono no sangue avenoso
PvO_2	Pressão parcial de oxigênio no snague venoso
Qs/Qt	Shunt pulmonar
Resist	Resistência
RVS	Resistência vascular do sistema respiratório
SaO_2	Saturação de oxigênio no sangue venoso
SC	Superfície corpórea
SvO_2	Saturação de oxigênio no sangue venoso
TNF α	Fator de necrose tumoral α
VCV	Ventilação volume-controlada
Vd/VT	Razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente
Vexp	Volume expirado
Vmin	Volume minuto
VO_2	Índice de consumo de oxigênio
μg	Micrograma

SUMÁRIO

1INTRODUÇÃO **21**

2 REVISÃO DE LITERATURA **22**

3OBJETIVOS **29**

4MATERIALEMÉTODO **30**

4.1 ANIMAIS **30**

4.2 PROCEDIMENTOS **31**

4.2.1 Anestesia **31**

4.2.2 Instrumentação **32**

4.2.3 Procedimento cirúrgico **34**

4.2.4 Avaliação Paramétrica **34**

4.2.4.1 Parâmetros Hemodinâmicos **34**

4.2.4.2 Parâmetros de oxigenação e ventilação **37**

4.2.4.3 Hematócrito e Hemoglobina **38**

4.2.4.4 Avaliação metabólica **39**

4.2.4.5 Macânica Pulmonar **39**

4.2.4.6 Parâmentros Relacionados à inflamação **41**

4.2.4.7 Analgesia pós-operatória **42**

4.2.4.8 Momentos avaliados e delineameto experimental **42**

4.2.5 Análise estatística **44**

5 RESULTADOS **45**

5.1 PESO E SUPERFÍCIE CORPÓREA **45**

5.2 PARÂMETROS AVALIADOS ANTES DA MPA **45**

5.3 PARÂMETROS HEMODINÂMICOS **46**

5.3.1 Frequência cardíaca **47**

5.3.2 Pressão arterial média **47**

5.3.3 Pressão arterial sistólica **48**

5.3.4 Pressão arterial diastólica **48**

5.3.5 Pressão venosa central **48**

5.3.6 Pressão de artéria pulmonar **49**

5.3.7 Pressão de oclusão da artéria pulmonar **50**

5.3.8 Débito cardíaco **51**

5.3.9 Índice sistólico **51**

5.3.10 Índice de resistência vascular sistêmica **52**

5.3.11 Índice de resistência vascular pulmonar **52**

5.3.12 Índice Sistólico **53**

5.4 PARÂMETROS VENTILATÓRIOS **54**

5.4.1 Frequência respiratória **55**

5.4.2 Volume minuto **56**

5.4.3 Volume inspirado **56**

5.4.4 Volume expirado **56**

5.4.5 Pressão de pico **56**

5.4.6 Pressão de plateau **57**

5.4.7 Resistência do sistema respiratório **58**

5.4.8 Complacência estática **59**

5.4.9 Fração expirada de Dióxido de Carbono 59

5.4.10 Razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente 59

5.4.11 *Shunt* pulmona 59

5.5 PARÂMETROS METABÓLICOS E DE HEMOGASOMETRIA ARTERIAL **59**

5.5.1 Potencial Hidrogênionico **60**

5.5.2 Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial **61**

5.5.3 Pressao parcial de Dióxido de carbono no sangue arterial **61**

5.5.4 Relação entre a pressão parcial de oxigênio no sangue arterial e a fração inspirada de oxigênio **61**

5.5.5 Saturação de oxigênio no sangue arterial **62**

5.5.6 Concentração de bicarbonato no sangue arterial 62

5.5.7 Excesso de Base 62

5.5.8 Temperatura 63

5.5.9 Conteúdo arterial de oxigênio 63

5.5.10 Diferença arteriovenosa de oxigênio 63

5.5.11 Índice de transporte de oxigênio 64

5.5.12 Índice de consumo de oxigênio 64

5.5.13 Taxa de extração de oxigênio 64

5.6 PARÂMETROS DE HEMOGASOMETRIA VENOSA 65

5.6.1 Potencial Hidrogênionico do sangue venoso misto 65

5.6.2 Pressão parcial de Dióxido de carbono no snague venoso misto 66

5.6.3 Pressão parcial de oxigênio no sangue venoso misto 66

5.6.4 Saturação de oxigênio no sangue venoso misto 66

5.6.5 Concentração de bicarbonato no sangue venoso misto 67

5.6.6 Conteúdo venoso misto de oxigênio 67

5.7 PARÂMETROS DE INFLAMAÇÃO 67

6.0 DISCUSSÃO 73

6.1 PARÂMETROS HEMODINÂMICOS 73

6.2 PARÃMETROS VENTLATÓRIOS 76

6.3 PARAMETROS DE HEMOGASOMETRIA 78

7 CONCLUSÃO 83

REFERÊNCIAS 84

APÊNDICES 91

1 INTRODUÇÃO

A laparoscopia em equinos tem se tornado procedimento freqüente na medicina veterinária atualmente, com o intuito de se realizar castração de criptorquídicos, herniorrafia inguinal, biópsias teciduais, ovariectomia e exploração abdominal, sendo que muitas vezes, requer anestesia geral. Para tanto, há a necessidade do posicionamento do animal com inclinação da cabeça para baixo e elevação da pelve (Trendelenburg) e a insuflação de dióxido de carbono (CO2) sob pressão na cavidade abdominal, pois este procedimento facilita a visualização dos órgãos abdominais ao cirurgião (CRUZ et al., 2004; BROSNAN et al., 2008).

Este técnica pode promover diversas alterações sistêmicas no animal, principalmente em relação à hemodinâmica, oxigenação e mecânica respiratória.

Durante a anestesia geral vários fatores, sobretudo o emprego de sedativos, anestésicos, bloqueadores neuromusculares e ventilação mecânica inadequada podem ocasionar depressão respiratória devido à colapso das partes pulmonares dependentes de gravidade.

O decúbito é outro fator muito importante que pode prejudicar a ventilação pulmonar e conseqüentemente a oxigenação tecidual. Durante o decúbito lateral e principalmente no decúbito dorsal, a expansão pulmonar não ocorre de forma uniforme, quando comparadas com a ventilação na posição em decúbito esternal. O que ocorre é um aumento no gradiente da pressão pleural, que por sua vez, requer valores elevados de pressão para abertura dos alvéolos, independente da espécie e tamanho do animal (ALBERT 2000; CAKAR et al., 2000; HUBMAYR, 2000).

Os efeitos cadiopulmonares do aumento da pressão intrabdominal e o posicionamento do corpo com a cabeça para baixo tem sido estudado e relatado na literatura humana, porém, em medicina veterinária, principalmente nos equinos, os estudos são ainda escassos (BROSNAN, et al., 2008; DUKE et al., 2002; HOFMEISTER et al., 2008).

Devido ao aumento do número de procedimentos laparoscópicos realizados em eqüinos sob anestesia geral atualmente, é de suma importância que se conheça os efeitos da associação desta técnica ao posicionamento do corpo e a insuflação de CO2 sob pressão na cavidade abdominal (HOFMEISTER et al., 2008).

2 REVISÃO DE LITERATURA

Durante o procedimento para realização de cirurgias laparoscópicas se faz necessário a insuflação do abdome com gás com o objetivo de se criar uma via segura para a inserção dos instrumentos e propiciar a visualização das vísceras através de uma câmera. O gás de escolha é normalmente o dióxido de carbono (CO_2), pois é um gás solúvel, não causador de embolia ou combustão e de baixo custo. Porém, este gás pode ser rapidamente absorvido através do peritônio e ocasionar hipercapnia se os pulmões não estiverem sendo ventilados mecanicamente e de forma adequada (DUKE et al., 2002; LATIMER, 2003).

Sendo assim, deve-se atentar para o fato da associação desta técnica cirúrgica aos efeitos da anestesia geral, já que esta por si só, pode promover hipercapnia e hipoxemia importante nos equinos. Segundo Day et al. (1995), os equinos anestesiados e submetidos a decúbito dorsal apresentam diminuição do pH e aumento da $PaCO_2$, sendo que 20% dos pacientes apresentam hipoxemia importante. A hipercapnia e a hipoxemia ocorrem devido a depressão do centro respiratório por atuação dos fármacos anestésicos no sistema nervoso central, associado ao decúbito, o qual favorece a projeção dos orgãos abdominais sobre o diafrágma, agravando ainda mais a depressão respiratória. Podemos ainda incluir os efeitos da gravidade, a qual leva a ocorrência progressiva de atelectasias, elevação do shunt pulmonar e desbalanço da relação ventilação e perfusão (MANDSAGER, 1990; SHAWLEY 1990).

Em posição quadrupedal, os equinos são capazes de manter a relação entre ventilação e perfusão pulmonar adequada (V/Q), com uma quantidade pequena de shunts intrapulmonares, o que resulta em uma troca gasosa eficiente. Entretanto, quando o animal é posicionado em decúbito lateral ou dorsal para realização de um procedimento cirúrgico os efeitos da gravidade sobre a circulação pulmonar e a restrição mecânica da expansão torácia (em decorrência da grande massa muscular e da movimentação das víceras abdominais) contribuem para a ocorrência de desequilíbrio na relação V/Q. Esse fenômeno é acompanhado pela formação e persistência de um grande número de shunts intrapulmonares, sendo estas alterações mais acentuadas no decúbito dorsal do que no lateral (HALL et al., 1968;

SCHATZMANN et al., 1982; HEDENSTIERNA et al., 1987; HEDENSTIERNA et al., 1989; DAY et al., 1995).

Os equinos sob anestesia geral tendem ao desenvolvimento de hipercapnia e acidose respiratória, além de redução importante da PaO_2, evidenciada pelo aumento na diferença alvéolo-arterial de oxigênio ($P(A\text{-}a)O_2$), mas que frequentemente não resulta em hipoxemia - se considerarmos as altas frações inspiradas de oxigênio (FiO_2) fornecidas no período transanestésico (HALL et al., 1968; STEFFEY et al., 1977; SCHATZMANN et al., 1982; NYMAN; HEDENSTIERNA, 1989; WHITEHAIR et al., 1993; DAY et al., 1995; WHITEHAIR at al., 1996; GROSENBAUGH et al., 1998; BECHARA et al., 2004; MARNTELL et al., 2005; RAISIS et al., 2005).

Entre as explicações propostas são citados, principalmente, os efeitos dos anestésicos gerais inalatórios e do decúbito. O isoflurano, assim como outros anestésicos inalatórios, deprime o sistema respiratório de maneira dose-dependente por meio de depressão respiratória central e dos músculos da respiração. O relaxamento muscular periférico, que inclui a musculatura intercostal e diafragmática, compromete a expansão torácica por diminuição da FR e da ventilação minuto (V_M), resultando em almento da PaO2 e dimuição do pH arterial. A PaO_2 também diminui como consequência da depressão da função respiratória. A diminuição do débito cardíaco causada por estes fármacos e pelo decúbito também contribui para a redução da PaO_2 e aumento da $PaCO_2$, pois prejudica a condução de oxigênio aos tecidos e a eliminação de dióxido de carbono pelos pulmões, respectivamente (HALL et al., 1998; STEFFEY et al., 1987; WHITEHSIR et al., 1993; GROSENBAUGH; MUIR, 1998; FANTONI et al., 2002; BECHARA et al., 2004; RAISIS et al., 2005; BLISSITT et al., 2008).

Os efeitos da anestesia geral no recolhimento elástico dos pulmões ou na resistência ao fluxo de gás também tem sido analisado. O estreitamento do lúmem da faringe, resultando em aumento da resistência ao fluxo inspiratório pode desenvolver colapso estrutural dos tecidos moles da região. A congestão vascular da cavidade nasal pode também restringir o fluxo aéreo, principalmente quando a cabeça é mantida em posição pendente em relação à posição do corpo. Sendo assim, a redução da capacidade residual funcional associada à anestesia também pode ser esperada devido ao aumento da resistência ao fluxo aéreo nas vias aéreas inferiores, ocasionada pela redução do diâmetro bronquiolar (TOMASIC et al., 1997).

As primeiras evidências de que os equinos sob anestesia geral desenvolvem anormalidades significantes na oxigenação arterial e no nível de dióxido de carbono (CO_2) iniciaram-se na década de 60. Desde esta época, vários métodos têm sido utilizados com o objetivo de assistir a ventilação e normalizar a tensão de dióxido de carbono associada a melhora da tensão de oxigênio no sangue arterial. Entre os métodos utilizados para otimizar a oxigenação e a efetiva eliminação do CO_2 sanguíneo incluem-se a utilização de ventiladores mecânicos e a otimização da perfusão pulmonar (SHAWLEY et al., 1990; MANDSAGER et al., 1990; MACDONELL et al., 1996).

As alterações de pH arterial, PaO_2 e $PaCO_2$ relacionadas à anestesia geral em cavalos podem ser facilmente controladas com a utilização da ventilação com pressão positiva intermitente (VPPI) na qual é possível programar os parâmentros ventilatórios, ou seja, a frequência respiratória (FR), o volume minuto (VM) e o volume corrente (VT) afim de otimizar a oxigenação e a eliminação de CO_2. Em equinos mantidos em decúbito lateral durante a anestesia o pH sanguíneo, a PaO_2 e a $PaCO_2$ retornam aos valores normais quando se institui a ventilação mecânica. Já em decúbito dorsal, os resultados sã semelhantes, mas a PaO_2 pode não se elevar significativamente devido ao maior grau de desequilíbrio na relação V/Q. Ainda assim o uso da VPPI é justificado, uma vez que resulta em menor incidência de hipoxemia quando isntituída desde o início da cirurgia (SHAWLEY et al., 1990 MANDSAGER et al., 1990; DAY et al., 1995; BECHARA et al., 2004; RAISIS et al., 2005; BLISSIT et al., 2008).

A ventilação mecânica pode ser um fator causador de lesões pulmonares, principalmente se altos picos de pressão e volumes correntes elevados forem liberados nos pulmões (AMATO et al., 1998). Por outro lado, estratégias de ventilação que limitam pressão e volume de via aérea, resultam freqüentemente em hipercapnia e acidose respiratória, que também podem trazer distúrbios graves a homeostasia (STEWART et al., 1998). O grau de insuflação pulmonar alcançado no final da inspiração é considerado um dos principais determinantes de lesão pulmonar induzida por ventilação mecânica, bem como o colapso cíclico devido a PEEP insuficiente. Assim, durante ventilação mecânica é necessário balancear a necessidade de recrutamento alveolar e o risco de distensão alveolar excessiva (DAMBROSIO et al., 1997; ROUBY et al., 2004).

A insuflação de gás na cavidade abdominal durante procedimentos laparoscópicos afeta sensivelmente a mecânica respiratória no período intra-operatório (PELOSI et al., 1996 SHARMA et al., 1996). O deslocamento cranial do diafragma leva à redução do volume dos pulmões e à diminuição da capacidade funcional residual, provocando assim a redução do volume reserva de oxigênio. Essa diminuição do volume pulmonar nas regiões menos complacentes favorece a formação de atelectasias e posterior colapso pulmonar, situação essa bem descrita e documentada em literatura (HEDENSTIERNA et al., 1986). Além disso, a insuflação de gás na cavidade abdominal nas pressões comumente praticadas pelos cirurgiões (entre 9 e 12 mmHg) causa um profundo deslocamento para a direita da curva pressão-volume do sistema respiratório (VALENZA et al., 2010).

Quando um paciente é mecanicamente ventilado utilizando a modalidade de volume controlado, em laparoscopias, essas alterações são traduzidas em pressões de vias aéreas maiores, uma característica comum durante a monitorização dessa modalidade ventilatória (VALENZA et al., 2010).

Atualmente, em medicina humana, a maioria dos ventiladores utilizados durante a anestesia apresenta tanto a pressão de pico quanto a pressão de plateau, permitindo assim a discriminação entre a dissipação da pressão durante a entrega do volume corrente em decorrência da resistência da via aérea (diferença entre as pressões de pico e de plateau) e as propriedades elásticas (pressão de plateau menos a pressão positiva ao final da expiração) no sistema respiratório. A resistência da via aérea normalmente encontrase-se aumentada na presença do pneumoperitôneo em decorrência do estreitamento ou distorção do diâmetro da via aérea de condução, de forma que a diferença entre as pressões de pico e de plateau aumenta; dessa forma a atelectasia se traduz como o aumento da pressão de plateau. (PELOSI et al., 1996; VALENZA et al., 2010).

Em animais adultos, a ventilação mecânica leva à inflamação sistêmica (WALKER et al., 2011). Em humanos adultos a ventilação mecânica é acompanhada por resposta inflamatória sistêmica, que pode ser minimizada por meio da adoção de estratégias que diminuam as lesões pulmonares induzidas por ventilação, sugerindo assim a exsitência de uma relação causal entre a inflamação pulmonar e a inflamação sistêmica (RANIERI et al., 1999). A lesão pulmonar apresenta três componentes já bem descritos em literatura: inflamação pulmonar induzida por volutrauma e edema pulmonar de alta permeabilidade causado por lesão endotelial

(1), aumento da área ventilada em decorrência da hiperinsuflação cíclica das regiões normoaeradas do pulmão (2) e biotrauma causado pelo aumento dos mediadores inflamatórios sistêmicos e pulmonares resultantes da hiperinsuflação ou do recrutamento/derecurtamento repetidos do pulmão (3) (AMBRÓSIO et al., 2012).

A instalação de pneumoperitônio com dióxido de carbono (CO_2) durante intervenção cirúrgica videolaparoscópica induz a ativação de mecanismos neuroendócrinos, alterações cardiovasculares e hormonais, ocasionando conseqüente aumento da pressão arterial e da freqüência cardíaca (FERNANDES et al., 2007). O aumento da pressão arterial pode ser ocasionado pelo posicionamento em *trendelenburg* por promover o desvio do sangue para a região cranial, provocando assim o aumento do retorno venoso e consequentemente do débito cardíaco e da pressão arterial, segundo a Lei de Frank- Starling. A insuflação de gás, sobre pressão no abdome também pode contribuir para a elevação da pressão arterial (HOFMEISTER et al., 2008).

Alguns estudos têm demonstrado o efeito imunossupressor do CO_2 na função dos neutrófilos e dos macrófagos. Em um dos estudos, o CO_2 bloqueou a liberação de superóxido dos neutrófilos polinucleares ativados e reduziu significativamente a secreção de interleucina I (IL-I) de macrófagos peritoniais de seres humanos. Embora esses efeitos possam se mostrar benéficos do ponto de vista da inflamação após cirurgia eletiva, evidências experimentais sugerem que a imunossupressão induzida pelo CO_2 possa ser deletéria no sentido da infecção. A insuflação de CO_2 sob pressão pode levar a bacteremia e sepsis devido ao aumento de pressão intra-abdominal (FILHO et al., 2006).

As citocinas são importantes reguladoras da resposta biológica ao estresse cirúrgico e anestésico (FILHO et al., 2006). A interleucina 6 (IL-6) é a principal citocina da resposta inflamatória de fase aguda, sendo um precoce marcador de lesão tecidual e seu nível aumenta em proporção ao trauma. O nível de IL-6 em cirurgia laparascópica é mais baixo do que em laparotomia, avaliado em um estudo prospectivo comparando colecistectomia por laparoscopia com o procedimento aberto. A redução da IL-6 parece ser influenciada especificamente pela insuflação de CO_2. Segundo Grabowski e colaboradores (2008), foi demonstrado que porcos que sofreram insuflação abdominal com CO_2 apresentaram menor liberação de IL-6 comparado aos insuflados com ar.

Estudos recentes demonstram que outras citocinas também são influenciadas pelo ambiente de CO_2 das laparoscopias. A liberação do fator alfa de necrose tumoral (TNFalfa) e interleucina 1 (IL-1) em macrófagos encubados em diferentes ambientes e estimulados com lipopolisacarídeo (LPS) tem sido estudada e a liberação dessas citocinas foi significativamente mais baixa nas células encubadas em CO_2 do que em hélio ou ar. Resultado semelhante foi verificado em estudo “in vivo” em ratos estimulados por LPS intravenoso cujo abdomem não foi insuflado ou foi insuflado com CO_2 ou hélio. Os animais insuflados com CO_2 apresentaram mais baixo nível de TNF alfa do que o controle e os insuflados com hélio. Todos esses achados sugerem que existe uma modulação da resposta inflamatória na insuflação com o CO_2 (GRABOWSKI, 2008).

Posição de Trendelenburg

Em meados do século 19 cirurgião Friedrich Trendelenburg (1844 - 1924) popularizou a técnica conhecida na Idade Média como a “posição de cabeça para baixo”. Em seu livro-texto de cirurgia de 1873 Trendelemburg reconheceu que a elevação da pelve do paciente em relação ao tórax causava o deslocamento das viceras abdominais em direção ao diafragma, propiciando uma melhor visão do campo cirúrgico para procedimentos na região mais distal da pelve (BERNSTEIN et al., 1999). Já no início do século 20 o fisiologista americano Walter Cannon utilizou a posição de Trendelemburg para promover o deslocamento de sangue dos membros pélvicos com o objetivo de melhorar o retorno venoso em pacientes em choque hemorrágico. Essa manobra ficou conhecida como “auto-transfusão”, aumentando á pré-carga, o volume sistólico, o débito cardíaco e o índice cardíaco (MARTIN et al., 1995; BERNSTEIN et al., 1999).

Apesar do questionamento feito pelos cirurgiões na década de 1950 em relação à eficácia da posição de Trendelemburg em virtude de seus efeitos adversos, essa posição continuou sendo parte das manobras de ressuscitação (MARTIN et al., 1995). Atualmente as diretrizes para primeiro atendimento de pacientes em quadro de choque formuladas pela Cruz Vermelha Americana e pela Associação Americana do Coração indicam que a pessoa deve ser mantida em posição supina (MARKESON et al., 2010) e que não há evidência de melhora dos

parâmetros circulatórios que justifiquem a utilização da posição de Trendelemburg nessa situação OSTROW et al., 1997; BRIDGES et al., 2005; SHAMMAS et al., 2007; MAKIC et al., 2011).

Atualmente a posição de Trendelenburg é amplamente utilizada em humanos para realização de procedimentos como prostatectomia (DAE-KEE et al., 2012), colectomia (HUSCHER et al., 2012) e cirurgias ginecológicas (GHOMI et al., 2012); e seus efeitos sobre os parâmetros cardio-respiratórios são amplamente estudados (GAINSBURG 2012; HOISETH et al., 2012; KHAN et al., 2012) .

A posição de Trendelenburg intensifica a projeção das vísceras abdominais sobre o diafragma, já provocadas pelo decúbito dorsal, acentuando a queda da capacidade residual funcional, o aumento da disfunção da relação ventilação/perfusão, além do aumento de atelectasias e da diminuição da complacência pulmonar (HOFMEISTER et al., 2008).

Em medicina veterinária são bastante escassos os trabalhos que avaliam os efeitos da posição de Trendelenburg durante o período trans-operatório. Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo avaliar os efeitos do pneumoperitônio associado à posição de Trendelenburg sobre os parâmentros cardiorespitórios e inflamatórios em equinos submetidos à laparoscopia.

3 OBJETIVO

Avaliar os efeitos da insuflação abdominal com CO_2 e a posição de Trendelenburg sobre a mecânica respiratória, hemodinâmicas central e periférica, oxigenação e mediadores da inflamação (IL-1Ra, IL-10 e TNF-α) em equinos adultos, submetidos à ventilação controlada associada à pressão positiva no final da expiração (PEEP) durante a anestesia para cirurgia laparoscópica.

4 MATERIAL E MÉTODO

Este estudo foi realizado no Hospital Veterinário (HOVET) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ -USP).

O protocolo experimental foi previamente aprovado pela Comissão de Ética para o Uso de Animais da mesma instituição sob o número 2622/2012.

4.1 ANIMAIS

Foram utilizados 8 equinos adultos, de ambos os sexos e sem raça definida, com pesos variando de 350 a 550 kg, todos pertencentes ao Serviço de Cirurgia de Grandes animais da FMVZ – USP.

Antes do procedimento cirúrgico os animais foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas e livre acesso à àgua. Foi realizado exame físico, de hematócrito e proteína total de todos os animais, sendo excluídos os portadores de qualquer anomalia que comprometesse o estudo.

Durante o período do experimento todos os animais foram mantidos em baias e alimentados com ração comercial e feno.

4.2 PROCEDIMENTOS

4.2.1 Anestesia

A técnica anestésica empregada iniciou-se com a administração de 10µg/kg de detomidina[1] por via IV como medicação pré-anestésica (MPA). Decorridos 5 minutos da MPA foi administrado 0,05 mg/Kg de diazepam[2] associado a 2 mg/kg de quetamina[3], pela via IV, com o objetivo de induzir a anestesia. Após o animal adquirir a posição de decúbito lateral foi realizada a aplicação de 100mg/Kg de solução de éter gliceril guaiacol 10% (EGG 10%), também por via IV, com o intuíto de promover adequado relaxamento muscular e facilitar a intubação orotraqueal com sonda de 24mm de diâmetro interno. A anestesia foi mantida com isofluorano[4] em 70% de oxigênio até o posicionamento do animal em *Trendelenburg* e imediatamente após, a fração inspirada de oxigênio (FiO_2) foi alterada para 90%. O procedimento anestésico foi realizado em circuito circular fechado em aparelho de anestesia adaptado para grandes animais[5]. Após a estabilização da anestesia no 3º plano do III estágio de Guedel, os animais receberam um bolus de atracúrio[6] na dose de 0,1 mg/kg IV com o objetivo de promover relaxamento da musculatura respiratória para a realização de ventilação controlada mecânica, utilizando-se o ventilador microprocessado adaptado para grandes animais[7] acoplado ao aparelho de anestesia. Durante o procedimento anestésico os animais receberam fluidoterapia com Ringer lactato de sódio[8] na taxa de 10 $ml.kg^{-1}.hora^{-1}$ e sulfato de efedrina[9] se necessário para manter a pressão arterial média (PAM) acima de 65 mmHg.

---

[1] Forane – Abbott Laboratórios do Brasil Ltda, São Paulo, SP - Brasil

[2] Diazepam – União Química Farmacêuta Nacional S.A, Embu-Guaçú, SP – Brasil.

[3] Dopalen – Agribands do Brasil Ltda., Paulínia, SP – Brasil.

[4] Forane – Abbott Laboratórios do Brasil Ltda, São Paulo, SP

[5] Linea A - Intermed Produtos Hospitalares., São Paulo, SP- Brasil

[6] Tracur – Cristalia Produtos Quimicos Farm. Ltda, São Paulo, SP -Brasil

[7] Linea A – Intermed Produtos Hospitalares, São Paulo, SP - Brasil

[8] Solução de Ringer Lactato de Sódio – JP Indústria Farmacêutica S.A, Ribeirão Preto, SP.

[9] Sulfato de Efedrina – Abbott Laboratorios do Brasil

4.2.2 Instrumentação

Após a indução da anestesia, os animais foram colocados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal e foi realizada tricotomia e anti-sepsia para a introdução do catéter de Artéria Pulmonar 7F[10] (catéter de Swan-Ganz) na veia jugular direita através de um introdutor percutâneo[11] que foi acoplado ao monitor de débito cardíaco[12]. No momento em que se observou a curva de átrio direito, o balão foi insuflado com 1,5 ml de ar e o catéter continuou a ser introduzido até que a constatação de sua passagem pelo ventrículo direito e tronco da artéria pulmonar fosse verificado através de traçado característico e então o catéter foi fixado à pele.

Por um segundo introdutor, também na veia jugular direita, foi introduzido um catéter de 110 cm de comprimento[13], sendo este utilizado para injeção da solução de glicose 5%[14] em baixa temperatura para obtenção do débito cardíaco (DC). No referido catéter também foi mensurada a pressão venosa central (PVC). Uma vez verificado no monitor o traçado característico de átrio direito, o catéter foi mantido nesta posição e fixado à pele.

Dois catéteres de polietileno 20G[15] foram introduzidos através de punção das artérias faciais transversa dos lados esquerdo e direito, sobre a pele previamente tricotomizada e limpa. Um dos catéteres foi acoplado a um segundo transdutor de pressão no monitor de DC para obtenção da pressão arterial sistêmica e o outro foi acoplado a um adaptador e lavado com solução heparinizada para posteriores coletas de sangue arterial durante o experimento.

Finalizada a instrumentação, os parâmetros basais foram mensurados e a mesa cirúrgica foi então inclinada em 25º, elevando-se a pelve do animal, posicionando-o em Trendelenburg. A pele e fáscia muscular foram incisadas (1,5 cm) na cicatriz umbilical, permitindo a passagem de um trocarte rombo de 10 mm para o interior da cavidade abdominal e posterior passagem da óptica e instauração de pneumoperitônio com dióxido de carbono até atingir a pressão de 8mmHg.

---

[10] Swan-Ganz – model131H – 7F – Edwards Lifesciences, Irvine, California - EUA

[11] Introdutor percutâneo, Intro-Flex – Edwards Lifesciences, Irvine, California - EUA

[12] Viridia CMS 66S – Hewlett Packard

[13] Pefusor Set – Laboratórios B. Brawn S.A, Rio de Janeiro, RJ - Brasil

[14] Solução de Glicose a 5% - JP Industria Farmacêutica S.A, Ribeirão Preto, SP - Brasil

[15] Abbocath - T Plus - Produtos Hospitalares Abbott

Técnica de Ventilação

A ventilação foi realizada na modalidade de volume controlado (VCV), iniciada com volume corrente de 12 ml/kg, frequência respiratória de 10 movimentos por minuto, pressão positiva no final da expiração (PEEP) de 5 cmH_2O e relação inspiração:expiração de 1:3. Uma vez que os animais foram posicionados em Trendelenburg, foi realizada 1 manobra de recrutamento alveolar através da elevação da PEEP de 5 em 5 cmH_2O, progressivamente, até a PEEP de 20cmH_2O, a cada 3 ciclos respiratórios. Logo em seguida foi realizada a regressão da PEEP a cada 5 cmH_2O até 10cmH_2O, valor na qual a PEEP foi mantida durante todo o procedimento, com o objetivo de desfazer as atelectasias promovidas pela anestesia durante a instrumentação e otimizar a oxigenação. Os parâmetros ventilatórios iniciais foram ajustados para que o volume expirado de dióxido de carbono durante a ventilação mecânica ($EtCO_2$) não ultrapasse 45 mmHg. Nos momentos em que este fato ocorreu o volume corrente foi corrigido em 2ml/Kg a mais no valor inicial até que os valores de $EtCO_2$ fossem normalizados.

Tanto a pressão de pico inspiratória (Pins), a pressão positiva no final da expiração (PEEP), volume expiratório (Vexp), volume minuto (Vmin), freqüência respiratória (FR), quanto a relação inspiração-expiração(I:E) foram mostradas de forma contínua pelo monitor do ventilador[16], sendo que a pressão de platô (Pplat) foi mensurada intermitentemente com 8,0 segundos de tempo de pausa inspiratória. Para se avaliar a adequação da ventilação foram mensurados continuamente a pressão parcial de dióxido de carbono no ar expirado, com auxílio de capnógrafo do analisador de gases[17] e a gasometria arterial por intermédio do monitor de bancada[18].

---

[16] WinTracer 3,0 – Intermed Prod. Hosp., São Paulo, SP - Brasil.

[17] Poet IQ Critical Systems Inc. EUA – Fleximed , São Paulo - Brasil

[18] ABL-5 – Radiometer, Copenhagen, Dinamarca.

4.2.3 Procedimento cirúrgico

O animal foi inicialmente posicionado em decúbito dorsal e após a assepsia foi realizada a incisão na linha alba até penetrar o dígito na cavidade peritoneal. Introduziu-se trocarte rombo de 10 mm para posterior passagem da ótica laparoscópica. Com o cabo do insuflador conectado à válvula do trocarte foi gradualmente criado o pneumoperitônio, até atingir a pressão intra-abdominal de 8 mmHg. Realizou-se a inspeção da cavidade e em seguida a mesa cirúrgica foi inclinada, posicionando o animal em *Trendelenburg* com elevação da pelve em 25º. O animal foi mantido nessa posição por 60 minutos para a coleta de parâmetros, em seguida retornou-se a mesa cirúrgica para a posição horizontal e a cavidade abdominal foi despressurizada.

4.2.4 Avaliação Paramétrica

Os parametros abaixo foram avaliados por meio dos métodos e equipamentos descritos a seguir

4.2.4.1 Parâmetros Hemodinâmicos

- Freqüência e ritmo cardíacos

No animal não anestesiado a freqüência (FC) e o ritmo cardíacos foram avaliados por meio de auscultação dos focos cardíacos durante um minuto com utilização de estetoscópio. Durante o decorrer da anestesia, a freqüência e o ritmo cardíacos foram avaliados através do cardioscópio do monitor multiparamétrico[19].

[19] Viridia CMS 66S – Hewlett Packard, SP.

- Pressão arterial sistêmica

A pressão arterial foi obtida por mensuração direta do catéter introduzido na artéria facial acoplado ao transdutor de pressão do monitor multiparamétrico, obtendo-se desta forma a pressão arterial média (PAM), sistólica (PAS) e diastólica (PAD).

- Pressão venosa central (PVC), pressão da artéria pulmonar (PAP), pressão de oclusão da artéria pulmonar (POAP)

Para a obtenção da pressão venosa central, a via proximal do catéter de polietileno foi introduzida no átrio direito e conectada ao transdutor de pressão. A pressão da artéria pulmonar foi obtida ao se conectar a via distal do catéter de Swan- Ganz ao transdutor de pressão. A pressão de oclusão da artéria pulmonar foi considerada como a pressão mínima da artéria pulmonar somada a mais dois mmHg, pois a máxima insuflação do balão localizado na extremidade distal do catéter de Swan-Ganz não possui diâmetro que permita a oclusão arterial.

- Débito cardíaco (DC) e índice cardíaco (IC)

O DC foi obtido pelo método da termodiluição, através do catéter de Swan-Ganz, cuja extremidade foi posicionada na artéria pulmonar. A medida foi realizada por administração de injeção de 40 ml de solução de glicose 5% em temperatura de zero a 5 graus Celsius, pela luz do catéter 6F. Foram realizadas 4 medidas consecutivas do DC, sendo desprezada aquela cujo valor diferiu 10% dos demais (ARAUJO, 1992). Uma vez obtido o valor do débito cardíaco, o índice cardíaco foi calculado através da seguinte fórmula:

$IC = DC.SC^{-1}$

na qual: IC - índice cardíaco, em $L.min^{-1}.m^{-2}$

DC - débito cardíaco, em $L.min^{-1}$

SC - superfície corpórea, em m^{-2}

Para cálculo da superfície corpórea empregou-se os dados obtidos por DucKett (1995)

- Índice da resistência vascular sistêmica (IRVS)

O índice da resistência vascular sistêmica foi calculado pela seguinte fórmula, sendo expresso em $dina.seg.cm^{-5}.m^{-2}$ (SHOEMAKER, 1995):

$IRVS = (PAM-PVC).IC \times 80^{-1}$

na qual: PAM = pressão arterial média, em mmHg

PVC = pressão venosa central, em mmHg

IC = índice cardíaco, em $L.min^{-1}.m^{-2}$

80 = fator de correção de $mmHg.L^{-1}$ para $dina.seg.cm^{-5}$

- Índice da resistência vascular pulmonar (IRVP)

O índice da resistência vascular pulmonar foi obtido através da seguinte fórmula, sendo expresso em $dina.seg.cm^{-5}.m^{-2}$ (SHOEMAKER, 1995):

$IRVP = (PAP – POAP).IC \times 80^{-1}$

no qual: PAP = pressão de artéria pulmonar em mmHg

POAP = pressão de oclusão da artéria pulmonar, em mmHg

IC = índice cardíaco, em $L.min^{-1}.m^{-2}$

80 = fator de correção de $mmHg.L^{-1}$ para $dina.seg.cm^{-5}$

- Indice de transporte de oxigênio (IDO_2)

O índice do transporte de oxigênio foi calculado pela seguinte fórmula, sendo expresso em $ml/min.m^2$ (SHOEMAKER, 1995):

$IDO_2 = IC.CaO_2.10$

na qual: 10 - fator de correção de litro para ml

$CaO_2 = (Hb.SaO_2.1,36) + (PaO_2.\ 0,003)$
na qual: Hb - hemoglobina em g/dl
1,36 - coeficiente de ligação do oxigênio com a hemoglobina, em ml/g
0,003 - coeficiente de solubilidade do oxigênio no plasma, em mmHg/ml

- Índice do consumo de oxigênio (VO_2)

O cálculo foi realizado baseando-se na lei de Fick, através da seguinte fórmula, sendo expresso em ml/min.m^2 (SHOEMAKER, 1995):
$IVO_2 = IC.(CaO_2 – CvO_2).10$
$CvO_2 = (Hb.SvO_2.1,36) + (PvO_2.0,003)$

- Taxa de extração de oxigênio (TEO_2)

Foi obtida através da seguinte equação (SHOEMAKER, 1995):
$TeO_2 = CaO_2 - CvO_2 /CaO_2$

4.2.4.2 Parâmetros de oxigenação e ventilação

- **Pressão parcial de oxigênio (PaO_2), pressão parcial de dióxido de carbono ($PaCO_2$), saturação de oxigênio (SaO_2), pH do sangue arterial**

Uma amostra de sangue foi coletada pelo catéter posicionado na artéria facial transversa e utilizada para a mensuração da PaO_2 (mmHg), $PaCO_2$ (mmHg), SaO_2 (%) e pH, no mesmo analisador de gases sangüíneos e pH empregado para análise das demais variáveis[20].

[20] ABL-5 – Radiometer, Copenhagen, Dinamarca.

- **Pressão parcial de oxigênio (PvO_2), pressão parcial de dióxido carbônico ($PvCO_2$) e saturação de oxigênio no sangue venoso central (SvO_2)**

A coleta de sangue venoso central para a obtenção dos valores de pH, PvO_2 (mmHg), $PvCO_2$ (mmHg) e SvO_2 (%) foi efetuada vagarosamente a partir da extremidade distal do catéter de artéria pulmonar. As amostras foram coletadas em seringas específicas para hemogasometria, sendo imediatamente fechadas após a coleta evitando assim o contato do sangue com o ar ambiente. O exame de cada amostra foi realizado em analisador de pH e gases sangüíneos[20].

- **Frequência respiratória (FR) e pressão parcial de dióxido de carbono no ar expirado ($EtCO_2$)**

A FR (movimentos por minuto) e a $EtCO_2$ (mmHg) foram avaliadas continuamente por meio de um capnógrafo[21].

4.2.4.3 Hematócrito e Hemoglobina

Os valores de hematócrito (%) foram obtidos do sangue coletado na artéria e por meio da centrifugação dessa amostra em centrífuga de micro hematócrito[22].

---

[21] POET Q, Critcare, Fleximed, São Paulo, SP - Brasil
[22] Centrífuga de Bancada Microhematócrito Modelo 2410 – Fanem, São aulo, SP - Brasil

4.2.4.4 Avaliação Metabólica

- **Bicarbonato plasmático (HCO_3^-), lactato e pH**

A mesma amostra de sangue coletada pelo catéter posicionado na artéria facial transversa e utilizada para a mensuração dos gases sanguíneos, foi utilizada para mensuração do bicarbonato plasmático (mmol/L) e lactato (mmol/L), no mesmo analisador de gases sangüíneos e pH[20].

- Temperatura do sangue

A temperatura do sangue foi obtida através do sensor de temperatura do catéter de Swan- Ganz.

4.2.4.5 Mecânica Pulmonar

- **Volume expiratório (Vexp), volume minuto (Vmin), pressão de pico de via aérea (pp) e pressão de platô (Pplat)**

Os volume de ar expirado e volume minuto, a pressão de pico de via aérea e também a pressão de platô foram mensuradas utilizando-se o monitor de ventilação do respirador[23].

23 Linea A – Intermed Produtos Hospitalares, São Paulo, SP - Brasil

- **Complacência estática do sistema respiratório (Cst) (ml.cmH_2O^{-1})**

Foi calculada através da divisão do volume expirado (Vexp) pela diferença entre a Pplat e a PEEP (GATTINONI et al 1998; AULER et al., 2002).

- Resistência do sistema respiratório (RVS) (cmH_2o.l^{-1}.s^{-1})

Foi computada a divisão da pressão de pico (Pp) de via aérea menos a Pressão de platô pelo fluxo inspirado, imediatamente após a interrupção do mesmo (GATTINONI et al., 1998; AULER et al., 2002).

- Razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente (Vd/Vt)

Foi calculada pela equação de Bohr :

$Vd/Vt = (PaCO_2 - PetCO_2)/PaCO_2$

- *Shunt* pulmonar (Qs/Qt)

Foi calculado usando a seguinte equação :

$Qs/Qt = [P(A\text{-}a)O_2 \text{ X } 0{,}003]/\{4 + [P(A\text{-}a)O_2 \text{ X } 0{,}003]\}$

Na qual PAO_2 é a pressão alveolar de O_2; PaO_2 é a pressão parcial de O_2 no sangue arterial; 0,003 é o fator de solubilidade do O_2 no sangue total. Esta equação assume uma diferença de conteúdo de O_2 arterial e venoso de 4,0 volume %.

$PAO_2 = [FiO_2 \text{ x } (Pb – 47)] – PaCO_2/0{,}8$

Onde FiO_2 é a fração inspirada de O_2; Pb é a pressão barométrica, considerada 710mmHg; 47 é a pressão parcial de água dentro do sistema respiratório; $PaCO_2$ é a pressão parcial de CO_2 no sangue arterial; 0,8 é o quociente respiratório assumido.

4.2.4.6 Parâmetros Relacionados a Inflamação

- **Coleta de sangue**

Em cada momento foram coletados 5 ml de sangue dos animais em tubos Vacuntainers com gel ativador de coágulo, com objetivo da obtenção de pelo menos 2000 microlitros de soro para as dosagens de citocinas.

- Centrifugação das amostras

As amostras de sangue colhidas em tubo com gel ativador e o lavado broncoalveolar foram centrifugados em centrifuga refrigerada a 2000 rpm durante 15 minutos a 4^0C. O soro e o sobrenadante obtidos foram aliqüotados em microtubos tipo eppendorf e, logo em seguida, armazenados em freezer - 80^0C para posterior mensuração das citocinas.

- **Dosagens das Interleucinas (TNF-α, IL-1, IL-10)**

A quantificação de TNF-α, IL-1β e IL-10 foi realizada utilizando Kits comerciais seguindo o protocolo padrão descrito nos mesmos. Os procedimentos foram efetuados em duplicata.

Os kits de interleucinas foram reconstituídos com anticorpo de captura, anticorpo de detecção e padrão para as dosagens.

As citocinas presentes no soro foram dosadas pelo método Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay (ELISA), seguindo todas as recomendações do fabricante e utilizando pares de anticorpos monoclonais comerciais disponíveis.

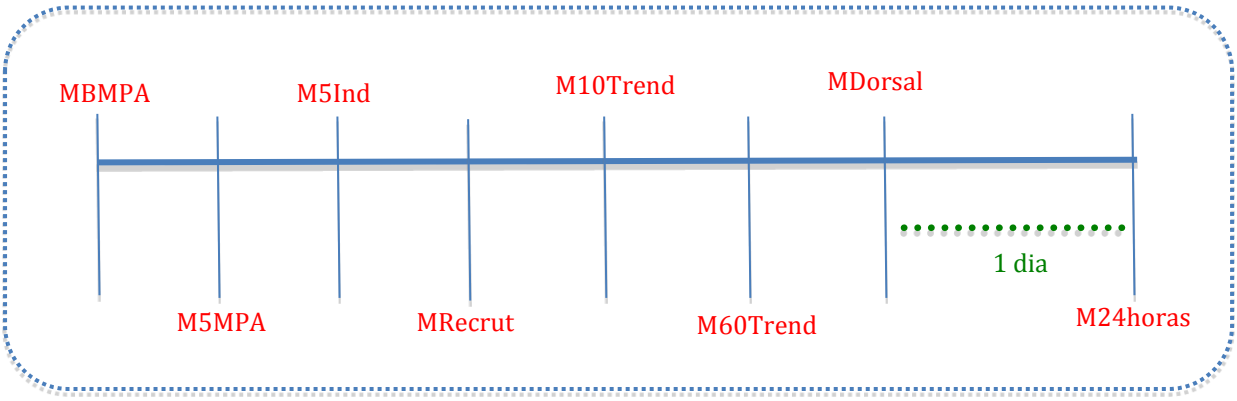
4.2.4.7 Analgesia Pós-operatória

No pós-operatório os animais receberam analgesia utilizando-se cloridrato de tramadol (2 mg/kg) por via intravenosa em dose única e o antiinflamatório não esteroidal flunexim meglumine (1,1 mg/kg) por via intravenosa uma vez ao dia durante três dias. O tratamento da ferida cirúrgica consistiu em limpeza com iodo povidine tópico e pomada cicatrizante. Os pontos de sutura da pele foram retirados 14 dias após o procedimento

4.2.4.8 Momentos avaliados e delineamento experimental

Os animais incluídos neste estudo foram avalidos para diferentes parâmetros nos seguintes momentos: antes da aplicação da MPA, 5 minutos após aplicação da MPA, 5 minutos após a indução anestésica, 2 minutos após a realização da manobra de recrutamento alveolar, 10 minutos após o início da posição de Trendelenburg, ao final da posição de Trendelenburg, 30 minutos após o retorno da mesa cirúrgica para a posição horizontal e 24 horas após o final da ventilação mecânica (Figura 1 e Quadro 1).

Figura 1 – Delineamento experimental dos momentos de coleta de dados - São Paulo, SP - 2011



MBMPA: antes da MPA

M5MPA: 5 min após MPA

M5Ind: 5 minutos após a indução

MRecrut: 2 minutos após a manobra de recrutamento alveolar

M10Tren: 10 minutos após posicionamento em Trendelenburg

M60Tren: 60 minutos após posicionamento em Trendelenburg

MDorsal: 30 minutos após retornar ao posicionamento em decúbito dorsal horizontal e descompressão do abdômen

M24horas: 24 horas após final da ventilação

Quadro 1 - Lista de momentos avaliados, e os seguintes parâmetros colhidos: lavado bronco alveolar (LBA), citocinas, gasometria, cardiorespiratório e hemodinâmica/mecânica - São Paulo, SP - 2011

MOMENTO	CITOCINAS	GASOMETRIA	CARDIORESPIRTORO	HEMODINÂMICA/ MECÂNICA
MBMPA	X	X	X	
M5MPA	X		X	
M5Ind	X		X	
MRecrut		X	X	X
M10Tren		X	X	X
M60Tren		X	X	X
MDorsal	X	X	X	X
M24Pos	X		X	

4.2.5 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram confrontados estatisticamente através de provas paramétricas, empregando-se análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas seguida do teste de Tukey para a comparação dos diferentes tempos de observação de um mesmo grupo. Para a análise entre os grupos experimentais foi utilizado o teste t-Student. O grau de significância estabelecido para os dois testes estatísticos foi de 5% ($p<0,05$). Os testes estatísticos foram realizados em programa de computador[24].

[24]Sigma Instat 3,1 – Systat Software, Inc.

5 RESULTADOS

O presente estudo avaliou 8 animais, sendo 7 machos e 1 fêmea, submetidos a laparoscopia em posição de *Trendelenburg,* sendo os parâmetros propostos avaliados nos seus respectivos tempos. Os valores obtidos para cada animal podem ser encontrados nos apêndices A B e C dispostos na página

5.1 PESO E SUPERFÍCIE CORPÓREA

Não houve diferença significativa com relação à idade e superfície corpórea entre os animais avaliados (Tabela 1).

Tabela 1 – Média e desvio padrão do peso e da superfície corpórea dos 8 animais submetidos à laparoscopia em Trendelenburg – FMVZ / USP, 2012.

Peso (kg)	Superfície Corpórea (m^2)
367±56	6.23±0,63

Fonte: (Mott, 2012).

5.2 PARÂMETROS AVALIADOS ANTES DA MEDICAÇÃO PRÉ-ANESTÉSICA (MPA)

Antes da medicação pré-anestésica, todos os animais foram submetidos a exame clínico geral, além da avaliação do hematócrito, proteína plasmática total (Tabela 2) e hemogasometria arterial (Tabela 3) para assegurar que todos os cavalos eram saudáveis.

Não houve diferença significativa com relação à freqüência cardíaca, freqüência respiratória, temperatura, hematócrito, proteína plasmática total, hemoglobina e parâmetros de hemogasometria entre os animais avaliados neste momento.

Tabela 2 – Média e desvio padrão dos parâmetros avaliados antes da aplicação da medicação pré anestésica – FMVZ / USP, 2012

FC (bpm)	FR (mpm)	Temperatura (^oC)	Ht (%)	PT (g/dL)	Hb (g/dL)
40±5,9	14±4	37,2±0,45	32±5	7.1±0,66	10±0,5

FC: freqüência cardíaca, FR: freqüência respiratória; ToC: temperatura corpórea em graus Celcius; Ht: hematocrito; PT: proteína plasmática total; Hb: hemoglobina
Fonte: (Mott, 2012).

Tabela 3 – Média e desvio padrão dos parâmetros de hemogasometria arterial avaliados antes da aplicação da medicação pré anestésica – FMVZ / USP, 2012

PaO_2 (mmHg)	$PaCO_2$ (mmHg)	HCO_3 (mmol/L)	pH	BE (mmol/L)	SaO_2 (%)
116±15	41±4,3	24±2,4	7,4±0,05	-0,9±1,96	98±0,8

PaO_2: pressão parcial de oxigênio no sangue arterial; pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial; HCO_3: concentração de bicarbonato no sangue arterial; pH: potencial hidrogênionico; BE: *base excess;* $SaO_{2:}$: saturação de oxigênio no sangue arterial
Fonte: (Mott, 2012).

5.3 PARÂMETROS HEMODINÂMICOS

Todos os valores de média e desvio padrão dos parâmetros hemodinâmicos dos 8 animais participantes deste experimentos estão registrados na tabela abaixo (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros hemodinâmicos aferidos em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ / USP, 2012

Parâmetros	MRecrut	M10Tren	M60Tren	MDorsal
FC (bpm)	44±12,9	55±10,0	56±15,1	55±18,3
PAM (mmHg)	74±14,3	86±14,2	79±11,8	74±15,4
PAS (mmHg)	94±18,9	104±16,5	97±16,6	94±15,6
PAD (mmHg)	62±13,4	78±15,8	70±13,1	62±14,6
PVC (mmHg)	4±2,9	10±7,0 *f	11±4,9*f	3±4,20
PAP (mmHg)	13±4,4	22±4,9 *f	20±5,8*f	11±3,10
POAP (mmHg)	8±2,1	17±5,5 *f	15±7,0*f	9±2,3 0
DC (L/min)	22±5,60	19±4,40	16±3,40	18±4,50
IC (L/min.m^2)	3,2±0,3	2,5±0,1	2.2±0,8	2.5±1
IRVS (dina-seg/cm^{-5}/m^2)	1592±98	2354±157*	2535±439*	1666±681
IRVP (dina-seg/cm^{-5}/m^2)	104±45	177±33*f	137±16*f	111±24
IS (ml/bpm.m^2)	12±20	17±30*	19±10*	16±70

FC: freqüência cardíaca; PAM: pressão arterial média, PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PVC: pressão venosa central; PAP: pressão de artéria pulmonar; POAP: pressão de oclusão de artéria pulmonar; DC: debito cardíaco; IC: índice cardíaco; IRVS: índice de resistência vascular sistêmica;IRVP: índice de ressitência vascular pulmonar IS: índice sistólico

*: difere significativamente do MRecrut

f: difere significativamente do M30Dorsal

Fonte: (Mott, 2012).

5.3.1 Frequência cardíaca

Não foi observada diferença significativa entre os valores de freqüência cardíaca aferidos durante o experimento (Tabela 4).

5.3.2 Pressão arterial média (PAM)

Não foi observada diferença significativa entre os valores de pressão arterial média aferidos durante o experimento (Tabela 4).

5.3.3 Pressão arterial sistólica (PAS)

Não foi observada diferença significativa entre os valores de pressão sistólica aferidos durante o experimento (Tabela 4).

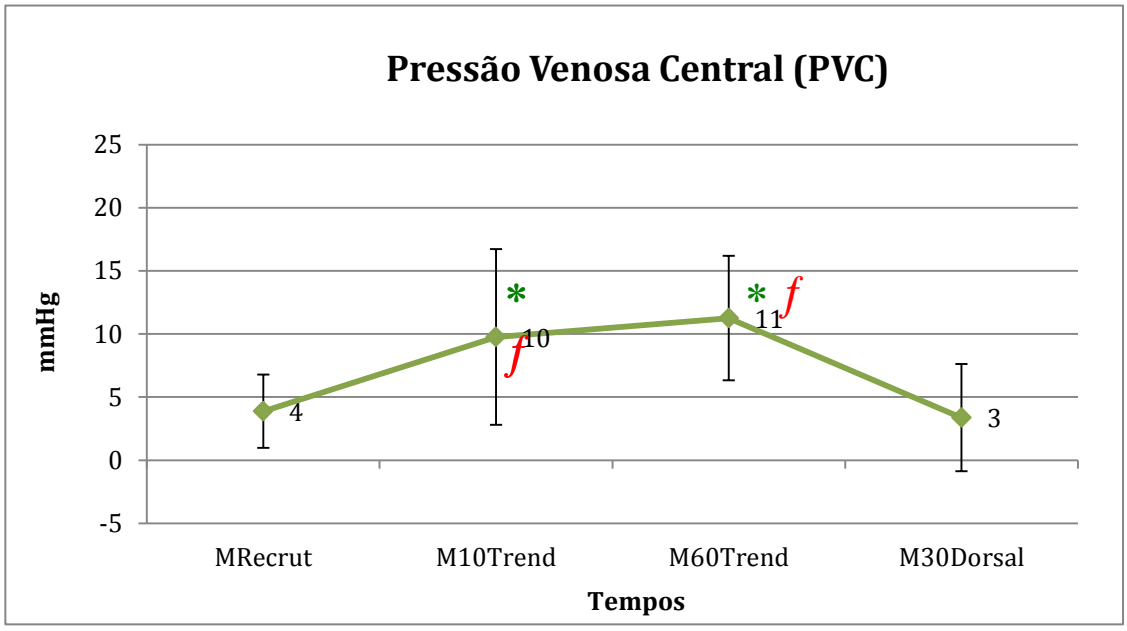
5.3.4 Pressão arterial diastólica (PAD)

Não foi observada diferença significativa entre os valores de pressão arterial diastólica aferidos durante o experimento (Tabela 4).

5.3.5 Pressão venosa central (PVC)

Houve aumento significativo da PVC (Tabela 4 e Gráfico 1) quando comparados os momentos M10Trend e M60Trend com os momentos MRecrut e M30 Dorsal ($p<0,01$).

Gráfico 1 – Valores de média e desvio padrão da pressão venosa central aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

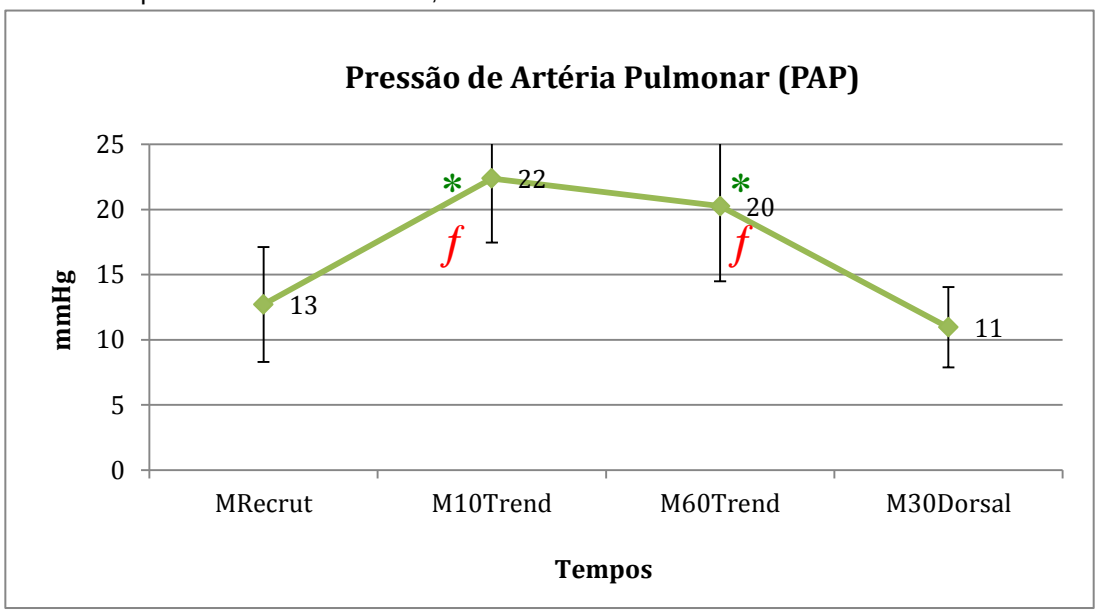


Fonte: (Mott, 2012).

5.3.6 Pressão da Artéria Pulmonar (PAP)

Durante o experimento houve aumento significativo da PAP (Tabela 4 e Gráfico 2) quando comparados os seguintes momentos: M10Trend com MRecrut ($p<0,001$); M10Trend com M30Dorsal ($p<0,001$); M60Trend com MRecrut ($p<0,01$); M60Trend e M30Dorsal ($p<0,001$).

Gráfico 2 – Valores de média e desvio padrão da pressão de artéria pulmonar aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

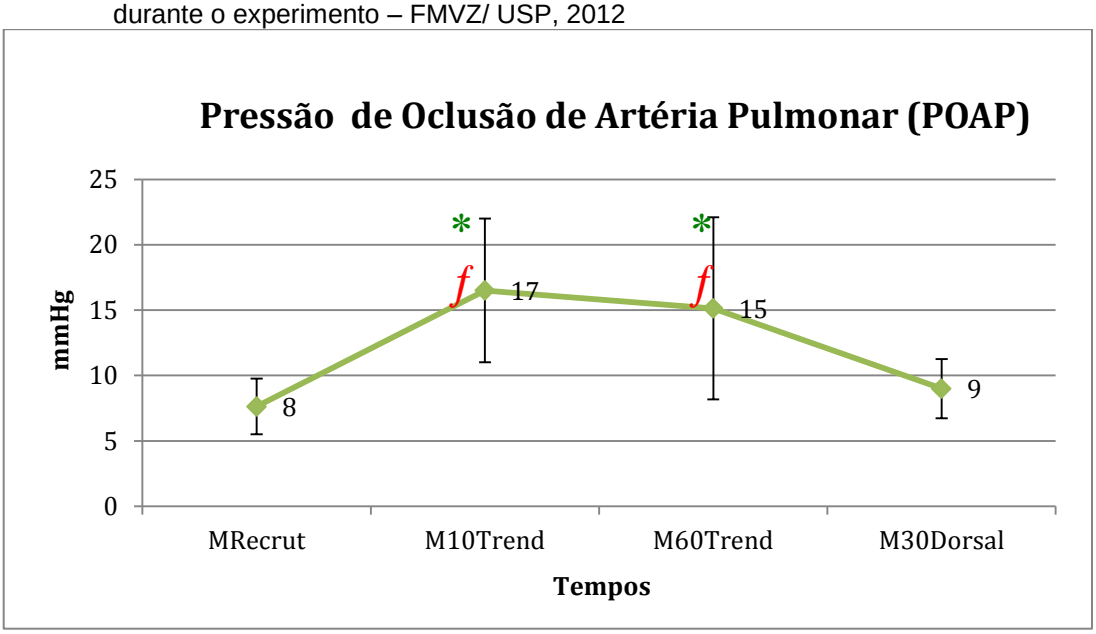


Fonte: (Mott, 2012).

5.3.7 Pressão de oclusão artéria pulmonar (POAP)

Durante o experimento houve aumento significativo da POAP (Tabela 4 e Gráfico 3) quando comparados os seguintes momentos: M10Trend com MRecrut ($p<0,001$); M10Trend com M30Dorsal ($p<0,001$); M60Trend com MRecrut ($p<0,05$); M60Trend e M30Dorsal ($p<0,05$).

Gráfico 3 – Valores de média e desvio padrão da pressão de obstrução de artéria pulmonar aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012



Fonte: (Mott, 2012).

5.3.8 Débito cardíaco

Não foi observada diferença significativa entre os valores de débito cardíaco aferidos durante o experimento (Tabela 4).

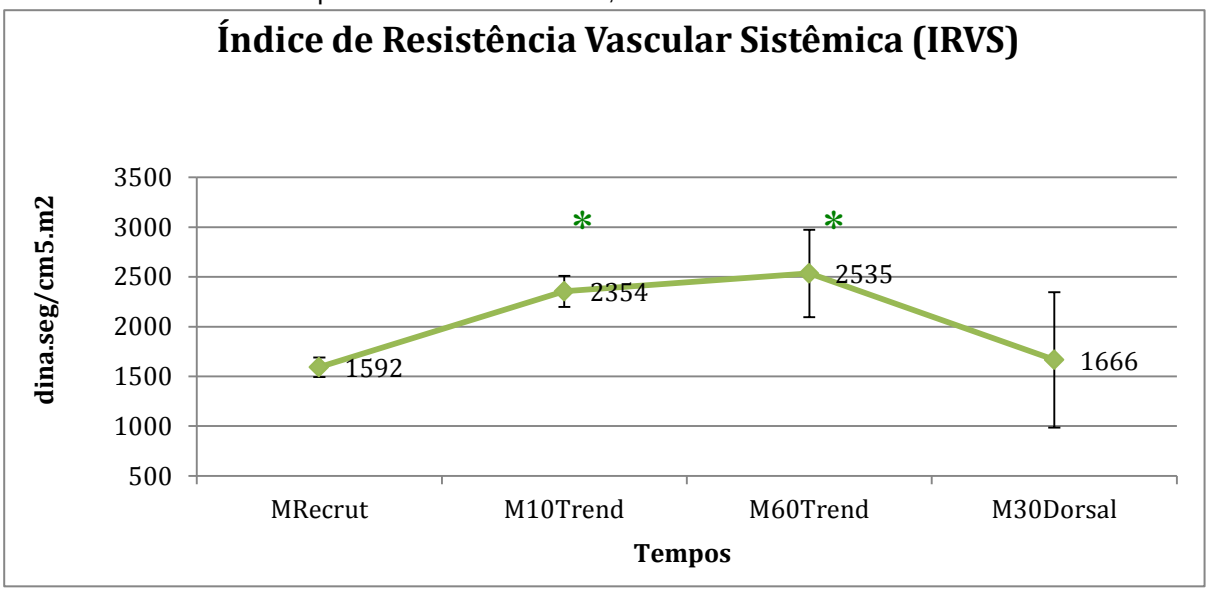
5.3.9 índice cardíaco

Não foi observada diferença significativa entre os valores de pressão arterial média aferidos durante o experimento (Tabela 4).

5.3.10 Índice de Resistência Vascular Sistêmica (IRVS)

Durante o experimento houve aumento significativo do IRVP (Tabela 4 e Gráfico 4) quando comparados os seguintes momentos: M10Trend com MRecrut (p<0,005) e M60Trend com MRecrut (p<0,05).

Gráfico 4 – Valores de média e desvio padrão do índice de resistência vascular sistêmica aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

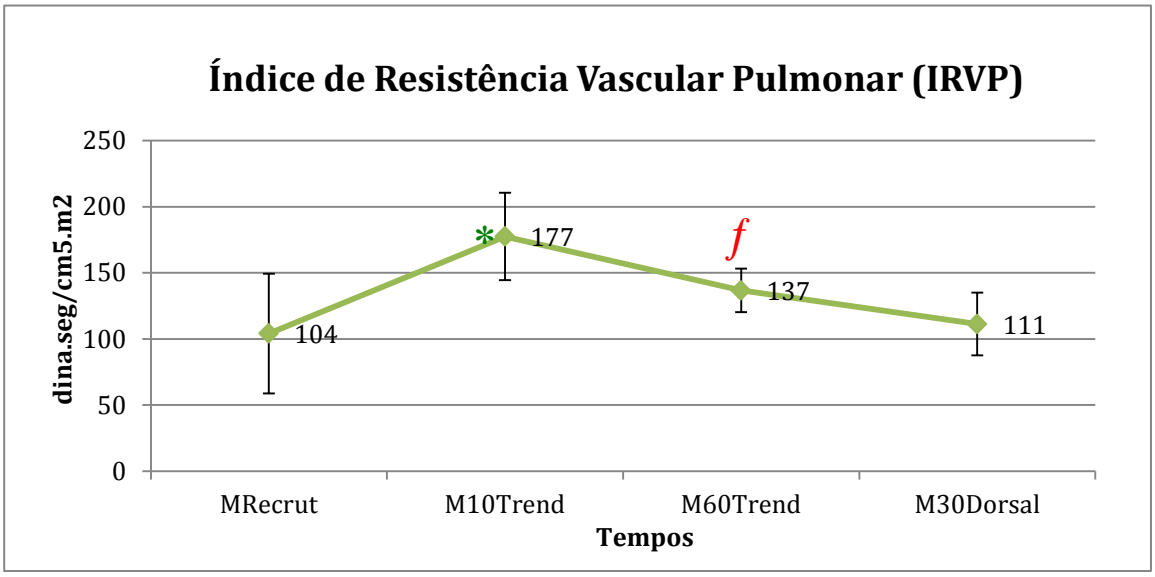


Fonte: (Mott, 2012).

5.3.11 Índice de Resistência Vascular Pulmonar (IRVP)

Durante o experimento houve aumento significativo do IRVP (Tabela 4 e Gráfico 5) quando comparados os seguintes momentos: M10Trend com MRecrut (p<0,05) e M60Trend com M30Dorsal (p<0,05).

Gráfico 5 – Valores de média e desvio padrão do índice de resistência vascular pulmonar aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

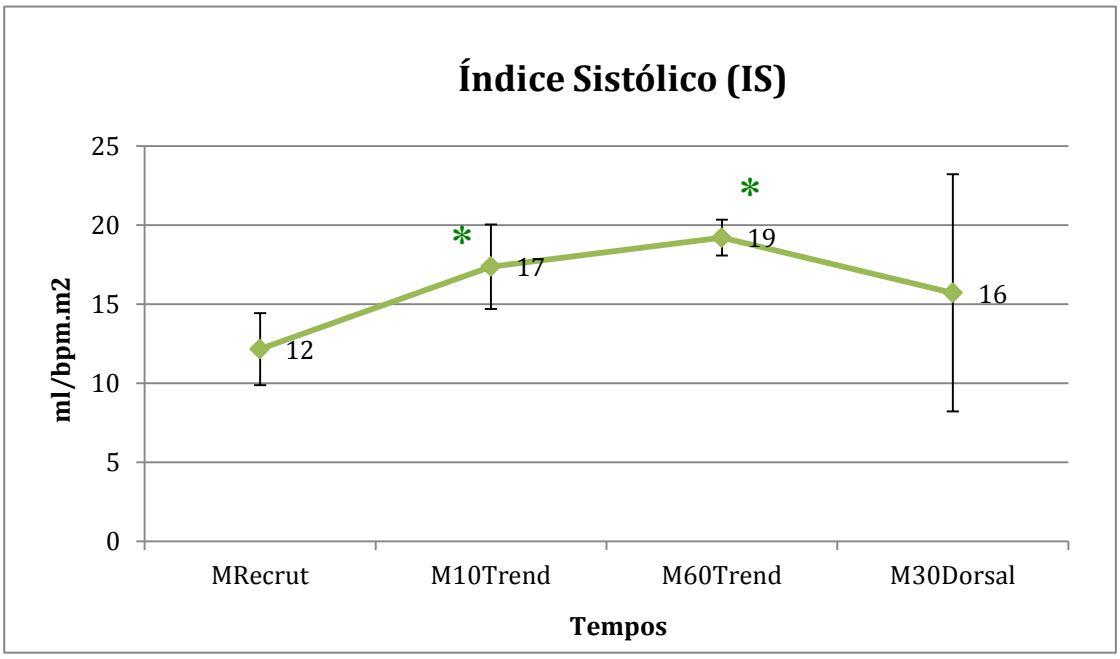


Fonte: (Mott, 2012).

5.3.12 Índice Sistólico (IS)

Durante o experimento houve aumento significativo do IS (Tabela 4 e Gráfico 6) quando comparados os seguintes momentos: M60Trend com MRecrut ($p<0,001$) e M10Trend com MRecrut ($p<0,05$).

Gráfico 6 – Valores de média e desvio padrão de indice sistólico aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012



Fonte: (Mott, 2012).

5.4 PARÂMETROS VENTILATÓRIOS

Os valores médios e desvio padrão dos parâmetros ventilatórios aferidos durante o experimento são referidos na tabela abaixo (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros de ventilação coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/USP, 2011/2012

Parâmetros	MRecrut	M10Trend	M60Trend	MDorsal
FR (mpm)	10±0.9	9±1,4	9±1,6	10±2,4
VM ($L.min^{-1}$)	40±8,3	42±10,3	43±12,6	46±10,4
Vinsp (L)	4,6±0,6	4,9±1,3	5,3±1,3	5,0±1,2
Vexp (L)	4,2±0,4	4,3±0,7	4,8±0,7	4,8±0,8
Ppico (cmH_2O)	24±3,8	30±2,9*	33±3,7*	27±4
Pplateau (cmH_2O)	20±2,3	27±3,1*	29±3,3*ƒ	23±4,1
Resist (mmHg/L/min)	10±4,6	16±2,2 *	17±2,6 *ƒ	11±3,4
Comp estat ($dinas.s.cm^{-5}.m^2$)	121±37	100±26 *	96±25 *	142±35
FiO_2(%)	0,74±0,06	0,89±0,05	0,84±0,05	0,79±0,06
$EtCO_2$ (mmHg)	33±3,6	37±3,7	37±6,2	36±7,2
Vd/Vt (%)	28,2±16,5	27,3±10,4	35,3±6,2	34±12,3
Qs/Qt (%)	19±3	17+5	18±4	16±3

FR:freqüência respiratória, VM: volume minuto; Vinsp: volume inspirado; Vexp: volume expirado; Ppico: pressão de pico; Pplateau: pressão de plateau: Resist: resistência; Comp estat: complacência estática; $EtCO_2$: fração expirada de Dióxido de Carbono; Vd/VT: razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente; Qs/Qt: shunt pulmonar

*: difere significativamente do MRecrut

ƒ: difere significativamente do M30Dorsal

Fonte: (Mott, 2012).

5.4.1 Frequência respiratória (FR)

Os valores de FR aferidos durante o experimento não apresentaram diferença estatística significativa entre si (Tabela 5).

5.4.2. Volume minuto (VM)

Entre os valores de VM aferidos também não houve diferença estatística significativa (Tabela 5).

5.4.3 Volume inspirado (Vinsp)

Não houve diferença significativa entre os valores de volume inspirado aferidos durante o experimento (Tabela 5).

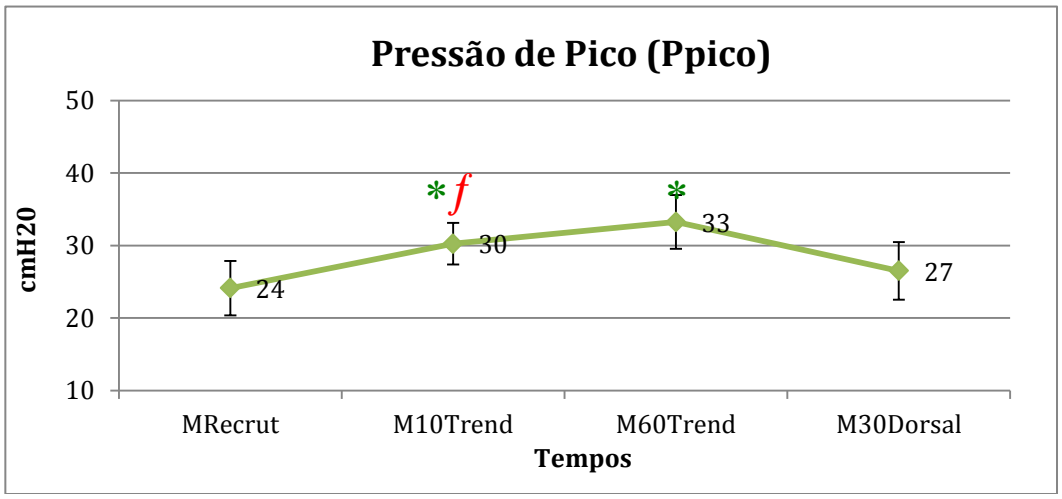
5.4.4 Volume expirado (Vexp)

Não houve diferença significativa entre os valores de volume expirado aferidos durante o experimento (Tabela 5).

5.4.5 Pressão de pico (Ppico)

Durante o experimento houve diferença significativa entre os valores de Ppico (Tabela 5 e Gráfico 7) quando comparado os seguintes momentos: M10Trend com MRecrut ($p<0,001$), M10Trend com M30Dorsal ($p<0,05$) e M60Trend com MRecrut ($p<0,001$)

Gráfico 7 – valores de média e desvio padrão da pressão de pico aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

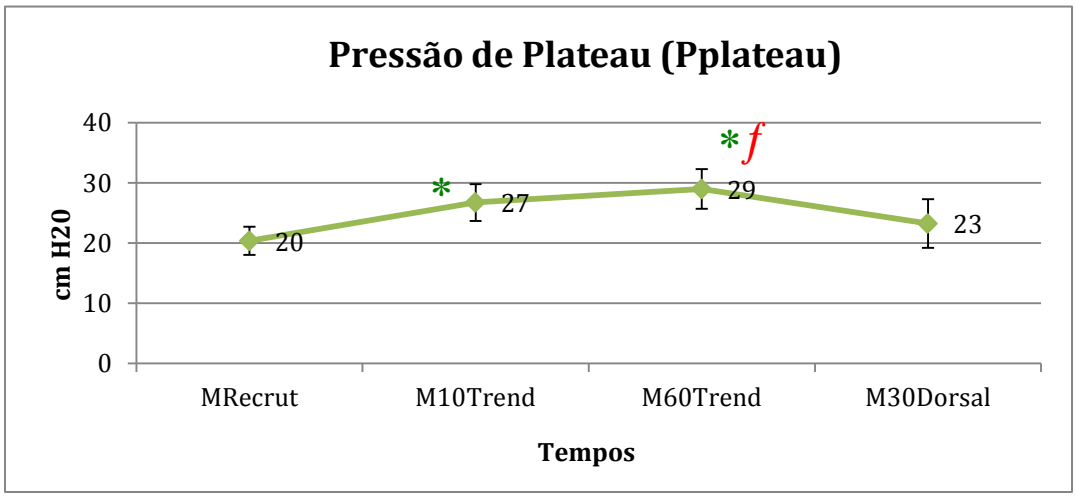


Fonte: (Mott, 2012).

5.4.6 Pressão de plateau (Pplateau)

A Pplateau também apresentou diferença significativa (Tabela 5 e Gráfico 8) quando comparado os seguintes momentos: M10Trend com MRecrut ($p<0,001$), M60Trend com MRecrut ($p<0,001$) e M60Trend com M30Dorsal ($p<0,05$)

Gráfico 8 – Valores de média e desvio padrão da pressão de plateau aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

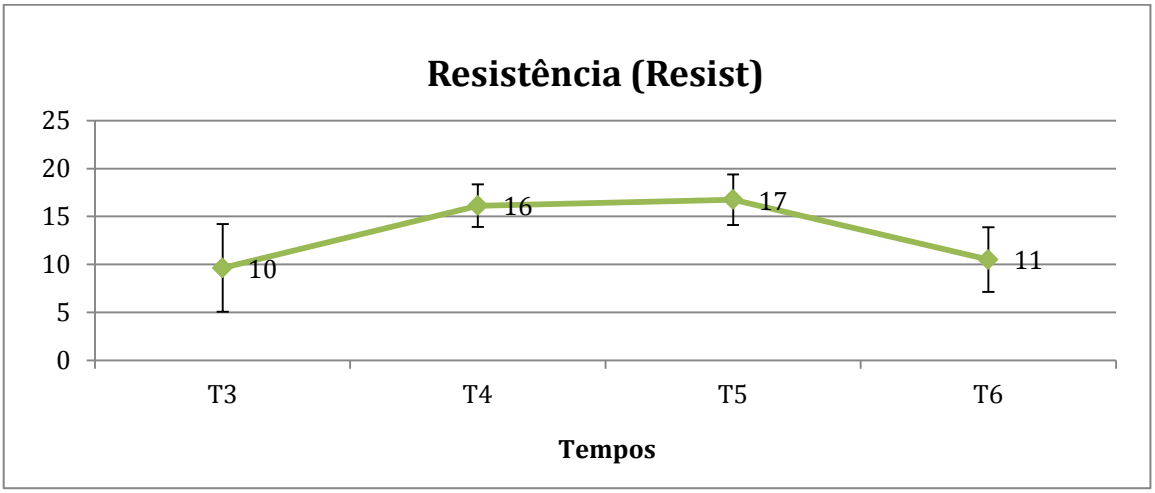


Fonte: (Mott, 2012).

5.4.7 Resistência do sistema respiratório (Resist)

A resistência apresentou diferença significativa (Tabela 5 e Gráfico 9) quando comparada aos seguintes momentos: M10Trend com MRecrut (p<0,001), M60Trend com MRecrut (p<0,001), M10Trend com M30Dorsal (p<0,001) e M60Trend com M30Dorsal (p<0,001).

Gráfico 9 – Valores de média e desvio padrão da resistência aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012



Fonte: (Mott, 2012).

5.4.8 Complacência estática (Comp estat)

Não foi observada diferença significativa entre os valores de complacência estática quando comparados os valores dos momentos de aferição (Tabela 5).

5.4.9 Fração expirada de Dióxido de Carbono ($EtCO_2$)

Os valore de $EtCO_2$ também não apresentaram mudanças significativas durante todo o experimento (Tabela 5).

5.4.10 Razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente (Vd/Vt)

Para o parâmetro Vd/VT não houve diferença estatística entre os valores obtidos ao longo do experimento.

5.4.11 *Shunt* pulmonar

Não houve diferença significativa entre os valores de shunt pulmonar aferidos ao longo do experimento (Tabela 5).

5.5 PARÂMETROS METABÓLICOS E DE HEMOGASOMETRIA ARTERIAL

Todos os valores (média e desvio padrão) referentes aos parâmetros obtidos por meio da hemogasometria de sangue arterial estão listados a seguir (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros metabólicos e de hemogasometria arterial coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/USP, 2012

	MRecrut	M10Tren	M60Tren	MDorsal
pH	7,4±0,06	7,4±0,04	7,4±0,06	7,3±0,03
$PaCO_2$ (mmHg)	46±12,6	50±9,3	51±9,9	56±13,4
PaO_2 (mmHg)	254±106	194±77	207±36	157±38
PaO_2/FiO_2	327±130	213±93*	245±41	193±44*
SaO_2 (%)	99±1,2	99±2,3	98±1,7	98±3,1
HCO_3 mmol/L	27±3,0	28±3,0	29±3,3	30±3,3
BE (mmo;/L)	-0,9±2,47	0,0±1,77	1,0±2,73	1,6±1,92
Temperatura (^oC)	35,6±0,67	35,2±0,74	35,0±0,96	34,7±0,96
CaO_2 (ml/dl)	13,8±0,95	13,7±1,12	13,6±0,80	13,6±0,97
$C(a\text{-}v)O_2$ (ml/dl)	2,7±1,09	3,22±1,14	4,6±1,46 *	5,1±1,56*ƒ
IDO_2 (ml/min.m^2)	450,3±116,5	385,5±103,22	342,8±92,46	397,5±149,37
IVO_2 (ml/min.m^2)	87,8±35,43	94,3±40,77	118,6±47,04	152,6±62,43
TeO_2 (%)	19,6±8,27	23,8±8,43	33,7±10,41 *ε	37,4±10,79*ƒε

pH: potencial hidrogeniônico do sangue arterial; $PaCO_2$: pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial; PaO_2: pressão parcial de oxigênio no sangue arterial; FiO_2: fração inspirada de oxigênio; PaO_2/FiO_2: razão entre a pressão parcial de oxigênio no sangue arterial e a fração inspirada de oxigênio; SaO_2: saturação arterial de oxigênio; HCO_3: ânion bicarbonato; BE: excesso de bases; T^o C: temperatura medida em graus Celcius; CaO_2: conteúdo arterial de oxigênio; $C_{(a\text{-}v)}O_2$: diferença arteriovenosa de O2; IDO_2: índice de transporte de oxigênio; IVO_2: índice de consumo de oxigênio; TeO_2: taxa de extração de oxigênio

*: difere significativamente do MRecrut

ƒ: difere significativamente do M30Dorsal

ε: difere significativamente de M10Trend

5.5.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Não houve diferença estatística entre os valores de pH aferidos por meio de hemogasometria arterial durante todo o experimento (Tabela 6).

5.5.2 Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO_2)

A PaO_2 também não apresentou diferença significativa entre os momentos avaliados (Tabela 6).

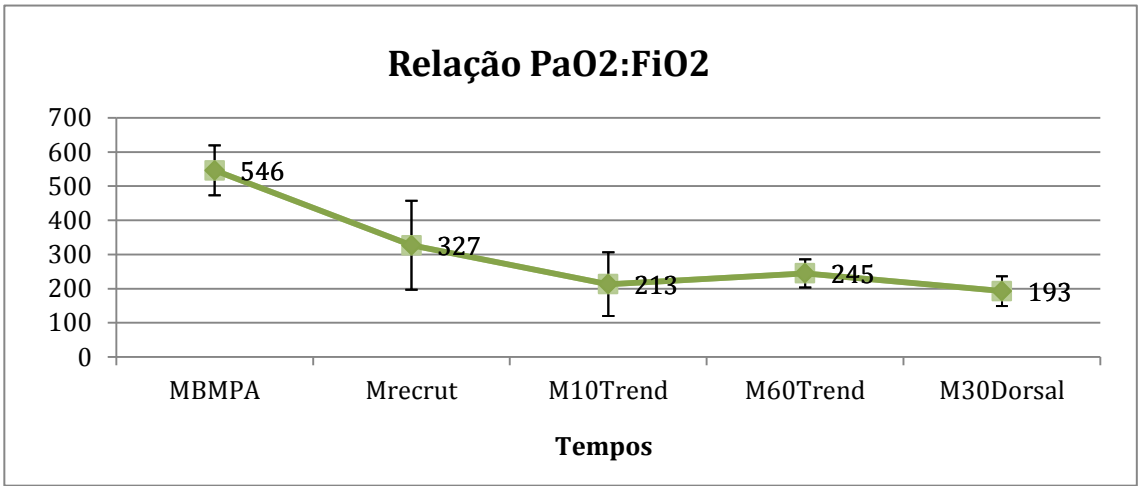
5.5.3 Pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial ($PaCO_2$)

A $PaCO_2$ também não apresentou diferença significativa entre os momentos avaliados (Tabela 6).

5.5.4 Relação entre a pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO_2) e a fração inspirada de oxigênio (PaO_2/FiO_2)

A PaO_2/FiO_2 foi estatisticamente significante quando comparada aos seguintes momentos (Tabela 6 e Gráfico 10): M30Dorsal com MRecrut ($p<0,05$) e M10Trend com Mrecrut ($p<0,05$).

Gráfico 10 – Valores de média e desvio padrão da relação PaO_2/FiO_2 aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012



Fonte: (Mott, 2012).

5.5.5 Saturação de oxigênio no sangue arterial (SaO_2)

Não houve diferença estatística entre os momentos aferidos para os valores de saturação de oxigênio no sangue arterial (Tabela 6).

5.5.6 Concentração de bicarbonato no sangue arterial (HCO_3)

O HCO_3 não sofreu alterações relevantes ao longo do período de experimento (Tabela 6).

5.5.7 Excesso de Base (BE)

O BE não sofreu alteração significativa durante o experimento (Tabela 6).

5.5.8 Temperatura

Não houve diferença estatística significativa entre os parâmetros de temperatura obtidos ao longo do experimento

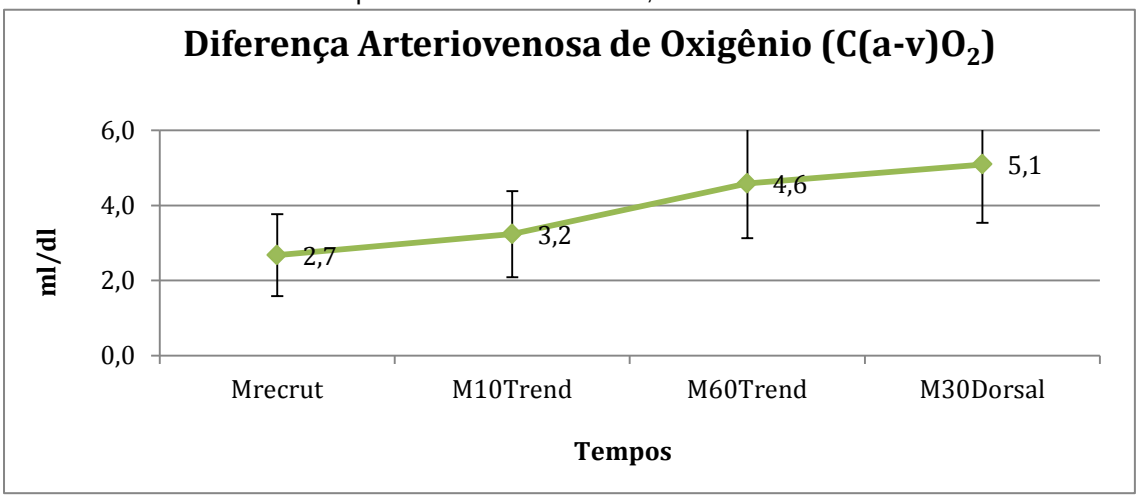
5.5.9 Conteúdo arterial de oxigênio (CaO_2)

Não houve diferença estatística entre os valores de CaO_2 durante os momentos de aferição de parâmetros (Tabela 6).

5.5.10 Diferença arteriovenosa de oxigênio ($C_{(a-v)}O_2$)

Para os valores de $C_{(a-v)}O_2$ houve diferença estatística quando comparados os seguintes momentos (Tabela 6 e Gráfico 11): M60Trend com MRecrut ($p<0,05$), M30Dorsal com MRecrut ($p<0,01$) e M30Dorsal com M10Trend ($p<0,05$).

Gráfico 11 – Valores de média e desvio padrão da diferença arteriovenosa de oxigênio aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012



Fonte: (Mott, 2012).

5.5.11 Índice de transporte de oxigênio (IDO_2)

Não houve diferença entre os valores de IDO_2 ao longo do experimento (Tabela 6).

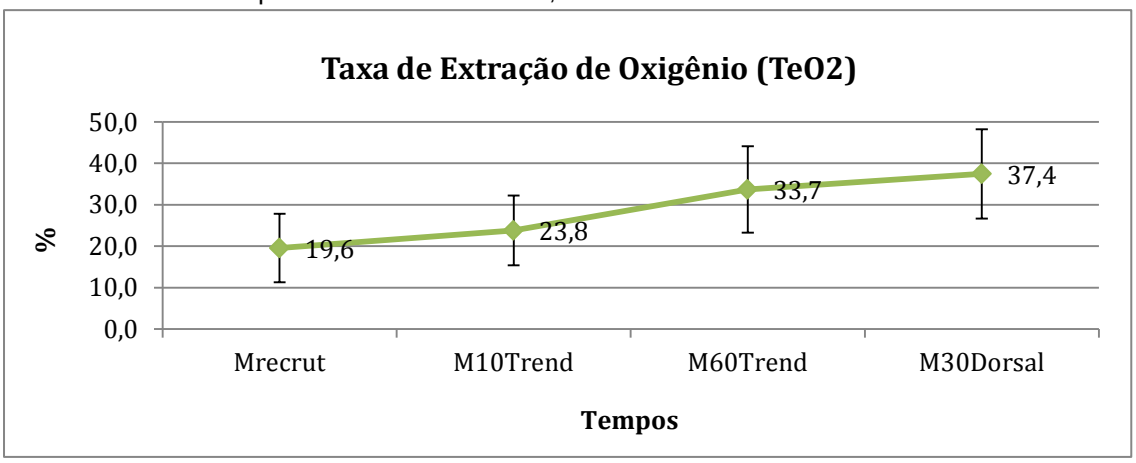
5.5.12 Índice de consumo de oxigênio (IVO_2)

Para os valores de IVO2 também não houve diferença entre os momentos de avaliação (Tabela 6).

5.5.13 Taxa de extração de oxigênio (TeO_2)

Houve alterações estatísticas nos valores de TeO2 quando comparados os seguintes momentos (tabela 6 e gráfico 12): M10Trend com M60Trend ($p<0,05$), M10Trend com M30Dorsal ($p<0,05$), M60Trend com MRecrut ($p<0,01$) e M30Dorsal com MRecrut ($p<0,05$).

Gráfico 12 – Valores de média e desvio padrão da taxa de extração de oxigênio aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012



Fonte: (Mott, 2012).

5.6 PARÂMETROS DE HEMOGASOMETRIA VENOSA

Abaixo estão descritos os valores (média e desvio padrão) dos parâmetros obtidos por meio do exame de hemogasometria do sangue venoso misto (Tabela 7).

Tabela 7 – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros metabólicos e de hemogasometria venosa coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

	MRecrut	M10Tren	M60Tren	MDorsal
pH	7,4±0,06	7,3±0,04	7,3±0,04	7,3±0,07
$PvCO_2$ (mmHg)	52±12,5	59±6,8	63±7,8	63±13,8
PvO_2 (mmHg)	48±8	44,24±7	37,37±7	42±13
SvO_2 (%)	82±8,3	79±7,8	70±10,6*	63±9,8*ƒ
HCO_3 (mmol/L)	28±2,2	29±1,3	31±1,8	31±3,3
Temperatura (^oC)	35,6±0,67	35,2±0,74	35,0±0,96	34,7±0,96
CvO_2 (%)	11,1±1,50	10,4±1,57*	9,0±1,52*	8,7±2,25

pH: potencial hidrogênionico do sangue venoso; $PaCO_2$: pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial; PaO_2: pressão parcial de oxigênio no sangue arterial; FiO_2: fração inspirada de oxigênio; PaO_2/FiO_2: razão entre a pressão parcial de oxigênio no sangue arterial e a fração inspirada de oxigênio; SaO_2: saturação arterial de oxigênio; HCO_3: ânion bicarbonato; BE: *base excess*; T^o C: temperatura medida em graus Célcios; CaO_2: conteúdo arterial de oxigênio; CvO_2: conteúdo venoso de oxigênio

*: difere significativamente do MRecrut

ƒ: difere significativamente do M30Dorsal

5.6.1 Potencial Hidrogeniônico do sangue venoso misto (pHv)

Não houve diferença entre os valores de pH obtidos através da hemogasometria venosa durante o experimento (tabela 6).

5.6.2 Pressão parcial de dióxido de carbono no sangue venoso misto ($PvCO_2$)

Os valores de $PvCO_2$ também não apresentaram diferença significativa quando comparados os diferentes momentos experimentais (Tabela 6).

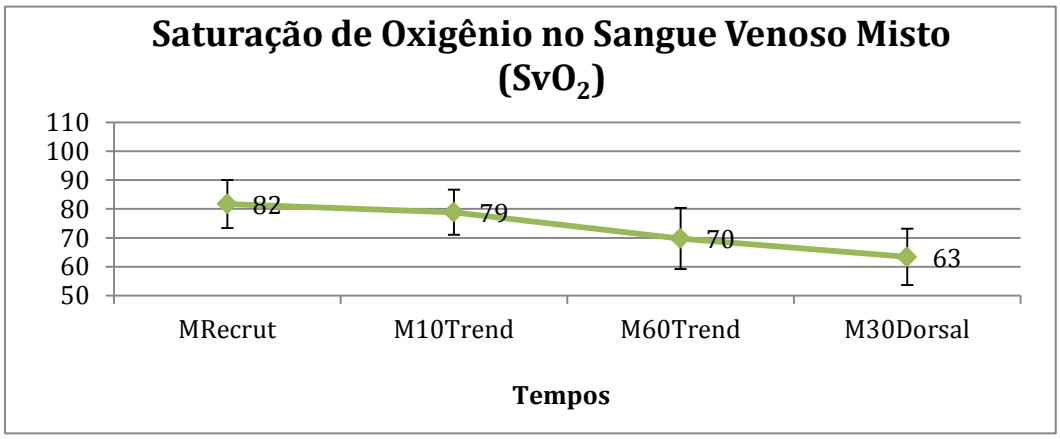
5.6.3 Pressão parcial de oxigênio no sangue venoso misto (PvO_2)

Não houve diferença significativa entre os valores de PvO2 obtidos durante todo o procedimento experimental (Tabela 6).

5.6.4 Saturação de oxigênio no sangue venoso misto (SvO_2)

A SvO_2 apresentou mudanças significativas quando comparados os seguintes momentos durante o experimento (Tabela 6 e Gráfico 13): M60Trend com MRecrut ($p<0,05$), M30Dorsal com MRecrut ($p<0,01$) e M10Trend com M30Dorsal ($p<0,001$).

Gráfico 13 – Valores de média e desvio padrão da saturação de oxigênio no sangue venoso misto aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012



Fonte: (Mott, 2012).

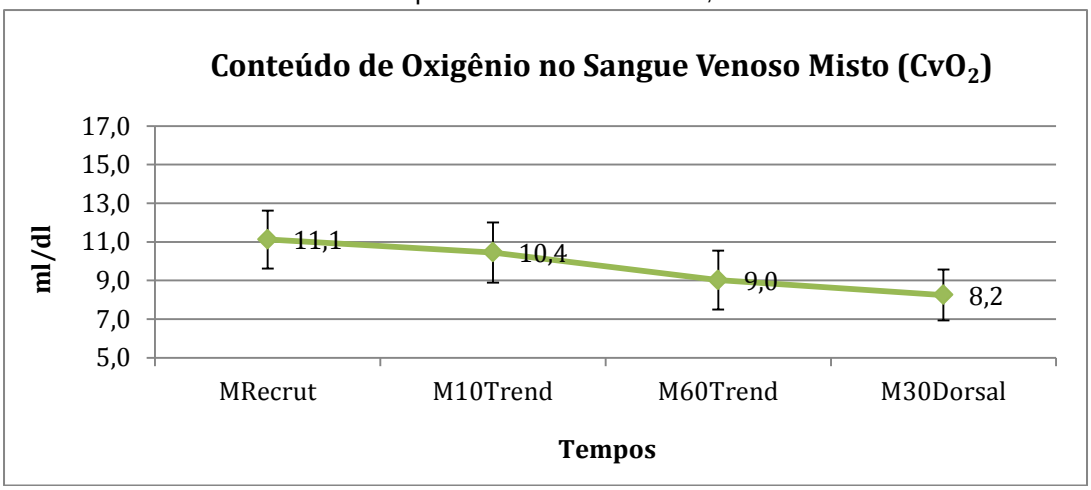
5.6.5 Concentração de bicarbonato no sangue venoso misto (HCO_3)

Os valores de HCO3 não sofreram alterações significativas durante o experimento (Tabela 6).

5.6.6 Conteúdo venoso misto de oxigênio (CvO_2)

Para o parâmetro CvO_2 os momentos significativamente diferentes foram (Tabela 7 e Gráfico 14): M30Dorsal comparado ao MRecrut ($p<0,01$) e M30Dorsal comparado ao M10Trend ($p<0,05$).

Gráfico 14 – Valores de média e desvio padrão do conteúdo de oxigênio no sangue venoso misto aferidos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012



Fonte: (Mott, 2012).

5.7 PARÂMETROS DE INFLAMAÇÃO

Abaixo estão listados os valores de IL1-Ra, IL-10, e TNF-α obtidos para cada cavalo nos momentos pré-determinados para coleta (quadros 2, 3 e 4).

Os valores de IL – 1Ra (Tabel 8, Quadro 2 e Gráfico 15), IL -10 (Tabela 9, Quadro 3 e Gráfico 16) e TNF - α (Tabela 10, Quadro 4 e Gráfico 17) não foram

apresentados como média e desvio padrão dos momentos, pois os dados foram comparados somente entre os diferentes momentos do mesmo animal.

Tabela 8 – Valores de IL -1Ra, mensurados em densidade óptica (DO), coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

IL -1 Ra (DO)					
Identificação do animal	MBMPA	M5MPA	M5Ind	MDorsal	M24horas
1	0,236	0,236	0,203	0,272	0,542
2	0,236	0,326	1,983	-	1,576
3	0,168	0,176	0,185	-	0,739
4	0,132	0,142	0,150	0,158	-
5	0,152	0,159	0,211	0,291	-
6	1,298	1,679	1,915	1,238	1,249
7	0,171	0,139	0,143	-	0,158
Média	0,34	0,41	0,68	0,28	0,61
Desvio Padrão	0,42	0,56	0,86	0,44	0,62

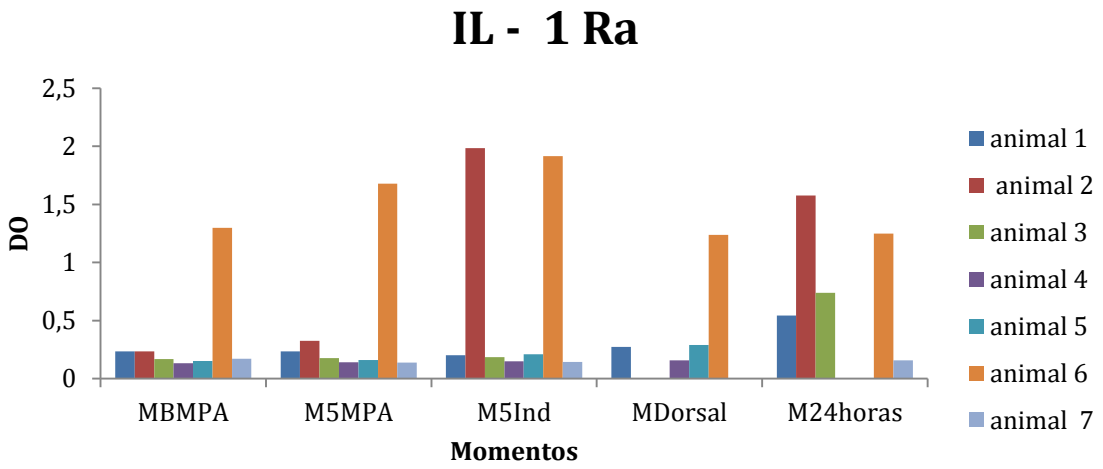
Fonte: (Mott, 2012).

Quadro 2 – Valores de IL -1Ra, mensurados em picograma/mL, coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

IL -1 Ra (pg/mL)					
Identificação do animal	MBMPA	M5MPA	M5Ind	MDorsal	M24horas
1	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável
2	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-	>2099.216
3	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-	Nao detectável
4	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-
5	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-
6	>2099.216	>2099.216	>2099.216	>2099.216	>2099.216
7	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-	Nao detectável

Fonte: (Mott, 2012).

Gráfico 15 - Valores de IL -1 Ra obtidos em densidade óptica (DO) para os momentos estudados– FMVZ/ USP, 2012



Fonte: (Mott, 2012).

Tabela 9 – Valores de IL -10, mensurados em densidade óptica (DO), coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

IL -10 (DO)					
Identificação do animal	MBMPA	M5MPA	M5Ind	MDorsal	M24horas
1	0,150	0,152	0,139	0,168	0,134
2	0,140	0,268	1,113	-	0,804
3	0,141	0,156	0,158	-	0,187
4	0,148	0,115	0,141	0,136	-
5	0,142	0,144	0,193	0,150	-
6	0,656	0,709	0,982	-	0,611
7	0,147	0,143	0,155	-	0,165
Média	0,19	0,24	0,41	0,06	0,27
Desvio Padrão	0,21	0,21	0,43	0,08	0,31

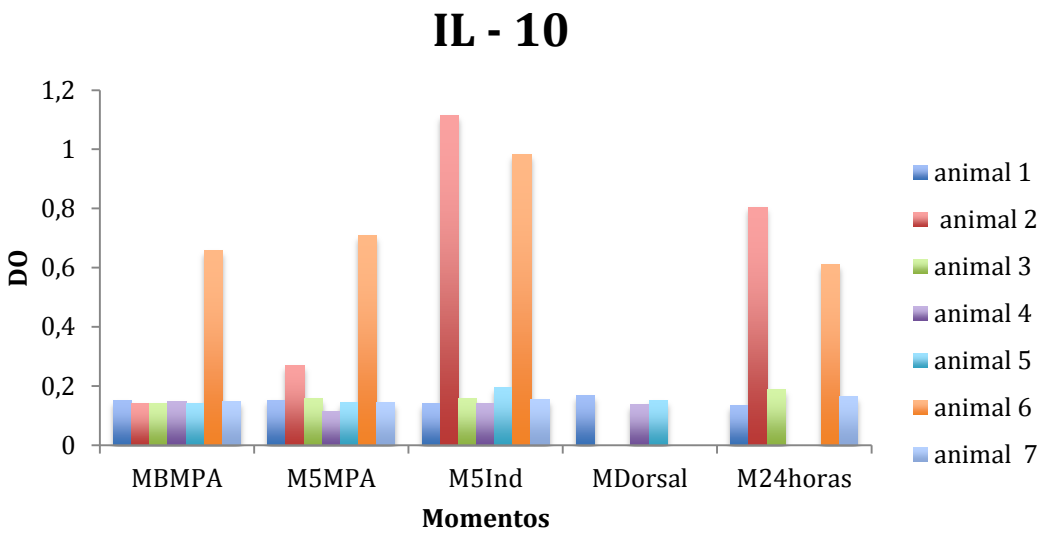
Fonte: (Mott, 2012).

Quadro 3 – Valores de IL -10, mensurados em picograma/mL, coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

IL -10 (pg/mL)					
Identificação do animal	MBMPA	M5MPA	M5Ind	MDorsal	M24horas
1	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável
2	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-	>2099.216
3	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-	Nao detectável
4	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-
5	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-
6	>2099.216	>2099.216	>2099.216	-	>2099.216
7	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-	Nao detectável

Fonte: (Mott, 2012).

Gráfico 16 – Valores de IL -10 obtidos em densidade óptica (DO) para os momentos estudados – FMVZ/USP, 2012



Fonte: (Mott, 2012).

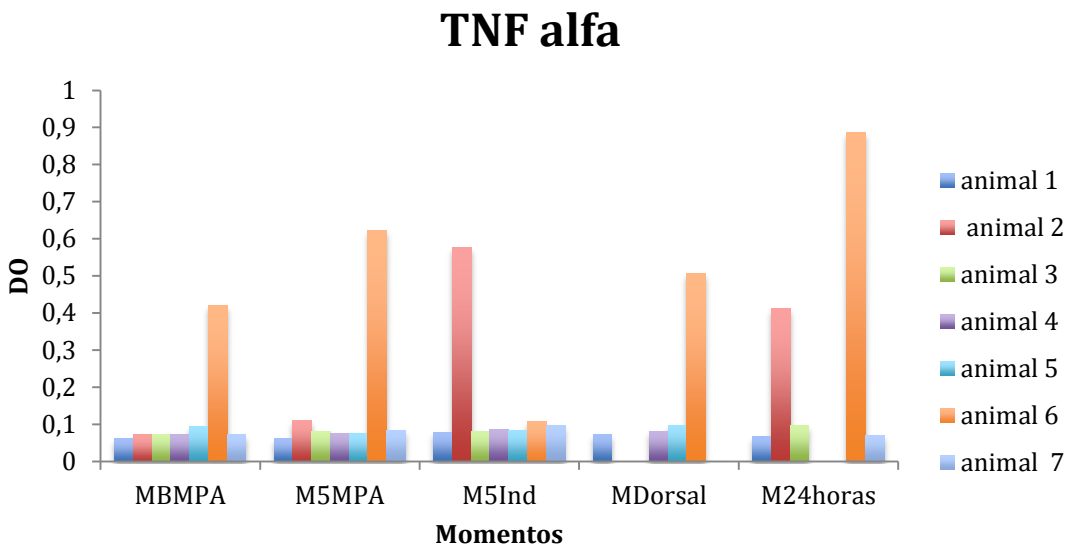
Tabela 10 – Valores de TNF- α, mensurados em densidade óptica (DO), coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

TNF- α (DO)					
Identificação do animal	MBMPA	M5MPA	M5Ind	MDorsal	M24horas
1	0,062	0,062	0,078	0,072	0,066
2	0,071	0,111	0,575	-	0,412
3	0,073	0,081	0,08	-	0,096
4	0,071	0,076	0,087	0,081	-
5	0,093	0,074	0,084	0,096	-
6	0,420	0,622	0,107	0,505	0,886
7	0,071	0,082	0,096	-	0,07
Média	0,12	0,16	0,16	0,11	0,29
Desvio Padrão	0,13	0,20	0,20	0,18	0,33

Quadro 4 – Valores de TNF- α, mensurados em picograma/mL (pg/mL), coletados em diferentes momentos durante o experimento – FMVZ/ USP, 2012

TNF -α (pg/mL)					
Identificação do animal	MBMPA	M5MPA	M5Ind	MDorsal	M24horas
1	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável
2	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-	>2099.216
3	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-	Nao detectável
4	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-
5	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-
6	>2099.216	>2099.216	>2099.216	-	>2099.216
7	Nao detectável	Nao detectável	Nao detectável	-	Nao detectável

Gráfico 17 – Valores individuais para os sete animais de TNF - α, obtidos em densidade óptica (DO), para os momentos estudados – FMVZ/ USP, 2012



6 DISCUSSÃO

6.1 PARÂMETROS HEMODINÂMICOS

Os efeitos da posição de *Trendelenburg* sobre a função hemodinâmica vêm sendo bastante estudado em seres humanos submetidos à laparoscopia com pneumoperitônio e atualmente vem sendo estudada em equinos devido ao crescente número de cirurgias laparoscópicas também nesta espécie. A laparoscopia em equinos tem se tornado procedimento freqüente na medicina veterinária atualmente, com o intuito de se realizar castração de criptorquídicos, herniorrafia inguinal, biópsias teciduais, ovariectomia e exploração abdominal, sendo que muitas vezes, requer anestesia geral (BROSNAN et al., 2008).

Sabe-se que somente a anestesia geral já é capaz de causar substancial depressão cardiovascular em equinos (NYMAN et al., 1989; GROSENBAUGH et al., 1998) e tal característica pode ser potencializada ainda mais pelo posicionamento do paciente em decúbito dorsal (STEFFEY et al., 1990). Em procedimentos laparoscópicos realizados sob anestesia geral e com insuflação de CO2 na cavidade abdominal há uma sequencia de respostas fisiológicas que, separadamente ou combinadas, têm impacto na função cardiorrespiratória do paciente, independentemente da espécie. Tais respostas incluem alterações hemodinâmicas relacionadas aos agentes anestésicos utilizados, à posição do animal, efeitos mecânicos e neuroendócrinos do pneumoperitônio e os efeitos do CO2 absorvido nas funções cardiovasculares e respiratórias (WINDBERGER et al., 1994; HO et al., 1992; WILLIAMS et al., 1993).

A maioria dos trabalhos no homem, sob cirurgia de prostatectomia, em posição de Trendelenburg e com pneumoperitônio indica a queda do débito cardíaco, aumento de PAM, PVC, PAP e POAP (ODENBERG et al., 1994; GANNEDAHL et a., 1996; KOIVUSALO et al., 1998). Este fato se deve ao aumento da pressão intra-abdominal, comprimindo a aorta, fato que por sua vez, aumenta a pós carga (GAINSBURG, 2012).

Em nosso estudo os resultados obtidos demonstraram que houve aumento significativo de PVC, PAP, POAP, IRVS e IRVP durante o posicionamento do paciente em posição de Trendelenburg, porém o DC, IC e as PAM, PAS e PAD não demonstraram aumento significativo.

Duke et al. (2002) avaliaram os parâmetros hemodinâmicos de equinos saudáveis submetidos a anestesia e posição de Trendelenburg, sendo um grupo submetido ao pneumoperitônio com CO2 a uma pressão 12 mmHg e outro somente à anestesia e inclinação. Neste estudo, à semelhança do nosso, a presença do pneumoperitônio não agravou as alterações perante as pressões arteriais sistólica, diastólica e média e nem mesmo do débito cardíaco, porém, os autores não avaliaram as pressões de artéria pulmonar e de artéria pulmonar ocluída.

Segundo Gainesburg (2012), pacientes saudáveis possuem boa reserva cardíaca e conseguem manter a homeostasia diante destas alterações, entretanto, pacientes com função cardíaca comprometida, o aumento da pré-carga pode precipitar falência cardíaca. Porém, Scheinin et al. (2007), estudando a segurança da laparoscopia com peneumoperitônio de CO_2 durante colicistectomia de pacientes de auto risco (ASA 3 e 4), os quais apresentavam prejuízo de suas condições clínicas devido à doença cardiopulmonar, renal, e/ou hepática, bem como diabete mellitus, concluiu que esta técnica é segura desde que os pacientes sejam bem monitorados e as alterações hemodinâmicas sejam prontamente tratadas. Estes autores também relatam que tais pacientes devem ser generosamente hidratados no pré-operatório, pois se o volume intravascular, ou seja a pré-carga estiver adequada, a perfusão vascular será bem mantida e os efeitos adversos serão evitados.

Já Donaldson et al. (1998) verificaram aumento na PAM e no IC durante a instituição do pneumoperitônio em decúbito dorsal a uma pressão de 15 mmHg em equinos submetidos a laparoscopia, esse fato foi atribuído pelos autores ao estímulo cirúrgico. Essa conclusão pode ser apoiada pelos resultados do estudo atual e do trabalho de Duke (2002) uma vez que os dois grupos não verificaram aumento da PAM e do IC durante o pneumoperitônio enquanto o animal ainda estava em decúbito dorsal e não havia estimulo cirúrgico em nenhum dos dois experimentos. No nosso estudo foi possível notar um aumento da PAM durante o posicionamento do animal em Trendelenburg, entretanto esse aumento não foi estatisticamente significante. Porém a elevação da PAM durante a inclinação da mesa cirúrgica e do pneumoperitônio foi significativa nos estudos em equinos de Duke (2002), Peroni

(1995), Fischer (1995), Hofmeister (2008); no estudo realizado em gatos de Beazley (2011) e em trabalhos com pacientes humanos de Johannsen (1989), Hirose (1993) e Hirvonen (1995). Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que o nosso estudo utilizou 8mmHg de pressão no pneumoperitôneo e 25° de inclinação da mesa cirúrgica, enquanto os demais grupos utilizaram pelo menos 12 mmHg de pressão e uma inclinação de mais de 30°. Canola et al. (2011) também verificaram aumento da pressão arterial média e da pressão arterial diastólica durante a instituição de pneumoperitônio, entretanto seu estudo foi realizado com eqüinos em posição quadrupedal e sem anestesia geral e sedação. Esse aumento pode ter ocorrido em função de dor e/ou estresse causado pela manipulação uma vez que os animais não foram sedados com a justificativa de que fármacos sedativos alteram a motilidade da porção caudal do esôfago e, portanto, poderiam prejudicar a aferição da pressão esofágica.

Em nosso trabalho houve uma tendência de diminuição do DC e do IC durante o posicionamento em Trendelemburg, mas sem relevância estatística. Porém, nos trabalhos realizados em seres humanos por Meininger (2008), Falabella (2007), Kelman (1972), Lenz (1976) e Hirvonen (1995) houve diminuição significativa do IC e do DC.

Os resultados do atual estudo revelam ainda que houve alterações significativas nos valores de PVC, PAP e POAP durante o período em que os animais se encontravam inclinados. Em estudos realizados no homem é sabido que pacientes submetidos à prostatectomia radical robótica, os valores de PAP podem exceder 35 mmHg quando o paciente é inclinado a 45° em 75% dos casos (LAM et al., 2009). Lestar et al. (2012) avaliaram 16 pacientes submetidos à prostatectomia radical robótica com pneumoperitônio de 12 mmHg e inclinação da mesa cirúrgica em 45° e constataram aumento significativo nos valores de PVC, a qual encontrava-se em 9 mmHg no momento basal e passou para 21 mmHg quando o paciente foi inclinado a 30°. Essa alteração está de acordo com os resultados obtidos pelo presente estudo, sendo neste o aumento de menor grandeza, e em concordância com os valores encontrados por Meiniger (2004, 2006 e 2008) e Hong (2009). O trabalho de Kalman et al. (2011) avaliou 31 pacientes submetidos a prostatectomia radical robótica com inclinação de 45° e pneumoperitôneo de 10 mmHg e concluiu que houve aumento significativo dos valores de PAM e PVC; sendo os valores basais médios de 79 mmHg (PAM) e 8 mmHg (PVC) e durante a inclinação da mesa

cirúrgica esses valores para 95 mmHg (PAM) e 26 mmHg (PVC). Os autores atribuem essas alterações, primeiramente, ao aumento da pressão hidrostática causada pela inclinação da mesa. Além disso, uma vez que o aumento absoluto da PAM foi maior do que o aumento da PVC (34 *vs* 23 mmHg, respectivamente), pelo menos parte deste incremento da PAM foi causado pelo aumento do débito cardíaco, da resistência vascular sistêmica ou ambos simultaneamente. Em nosso estudo não houve incremento do débito cardíaco durante a inclinação do animal, por isso podemos atribuir o aumento da PVC à elevação do IRVS, o qual também foi estatisticamente maior durante a posição de Trendelenburg. O trabalho de O`Malley e colaboradores (20020 demonstraram que tais modificações são causadas pelo aumento da pressão intra-abdominal, causando compressão da artéria aorta e, por sua vez, aumentando a pós-carga. Ademais, mensurações realizadas com Doppler trans-esofágico provam que há aumento significativo do volume sistólico quando o paciente é posicionado em Trendelenburg a 45° (FABABELLA et al., 2007) .

Segundo Lester et al. (2012), a fisiologia da posição de Trendelenburg em pacientes com tórax fechado e a complexa interação entre as pressões intra-abdominal, intratorácica, volume sanguíneo, pressões de preenchimento cardíaco, volumes intra-cardíacos e ventilação, dentro da cavidade torácica ainda não foram bem esclarecidos. Para esclarecer todas essas alterações faz-se necessária a mensuração dos volumes cardíacos, preferencialmente por intermédio da ecocardiografia de 3 dimensões, em associação com a avaliação da pressão intra-torácica.

6.2 PARÃMETROS VENTLATÓRIOS

Em seres humanos é sabido que o pneumoperitônio piora a mecânica respiratória em paciente magros (DRUMMOND et al., 1978; PELOSI et al., 1996; SPRUNG et al., 2002) e obesos (VALENZA et al., 2007). Tais efeitos estão relacionados à redução do volume pulmonar e formação de atelectasias, o que já foi confirmando por estudos utilizando tomografia computadorizada (ANDERSSON et al., 2005).

No presente estudo todos os animais foram mantidos em regime de ventilação controlada com volume minuto e frequência respiratória constantes. Entretanto foi possível detectar aumento significativo dos valores de pressão de pico, pressão de plateau, resistência pulmonar e significativa diminuição da complacência estática durante os momentos em que os animais encontravam-se inclinados (M10Trend e M60Trend), porém retornaram aos valores basais assim que a posição dos animais foi retornada para dorsal.

Durante o pneumoperitônio a diminuição da complacência requer o aumento das pressões de pico e de plateau para que se mantenha o mesmo volume corrente durante todo o procedimento (ANDERSSON et al., 2005; KELMAR et al., 2010; LESTAR et al., 2012).

Em seres humanos submetidos a ventilação por volume controlado associada ao pneumoperitônio e posição de Trendelenburg, os valores de complacência do sistema respiratório podem diminuir entre 20% (HIRVONEN et al.,1995) e 40% (SPRUNG et al., 2003). Esses achados são condizentes com os resultados obtidos em nosso estudo, já que a complacência diminuiu cerca de 20%.

A utilização do $EtCO_2$ no cálculo da equação de Bohr para a determinação da razão entre o espaço morto fisiológico e o volume corrente não é o melhor método, uma vez que é sabido que o $EtCO_2$ subestima a real magnitude do espaço morto alveolar (BREEN et al., 1996). Entretanto a mensuração do CO_2 expirado misto não era possível nas condições descritas deste experimento. O $EtCO_2$ tem sido utilizado em diversas publicações anteriores, em situações nas quais também não era possível obter o CO_2 expirado misto (MUIR et al., 1986; MOENS et al., 1989; DONALDSON et al., 1998). Assim como no estudo de Donaldson (1998) no nosso trabalho também não houve diferença significativa nos valores de Vd/VT ao longo do experimento. Esse resultado contrasta com aquele obtido no trabalho de Duke e colaboradores (2002), no qual houve aumento do valor de Vd/VT no grupo de pôneis submetidos ao pneumoperitônio; neste estudo os autores concluíram que o valor de Vd/VT foi significativamente maior no grupo com pneumoperitôneo já em decúbito dorsal, sendo essa diferença ainda maior quando os animais foram colocados em Trendelenburg. A comparação do valores de Vd/VT obtidos no grupo dos animais insuflados e inclinados com os valores apresentados pelo grupo dos animais somente inclinados permitiu aos autores concluírem que as alterações respiratórias acontecem em maior magnitude quando os animais são colocados em

Trendelenburg com a utilização de pneumoperitônio. Em seres humanos submetidos às duas condições concomitantemente foi demonstrada a redução da função pulmonar em virtude da diminuição da capacidade residual funcional, volume total pulmonar e complacência pulmonar (JOHANNSEN et al., 1989). O deslocamento cranial do diafragma impede a expansão adequada dos pulmões e leva ao surgimento de atelectasias na porção mais baixa dos pulmões. Segundo Romaldini (1982), em pulmões normais de indivíduos em repouso, o valor do espaço morto fisiológico está próximo dos 30% do volume corrente e consiste quase que totalmente de espaço morto anatômico. Em nosso estudo, a razão do espaço morto fisiológico variou de 28% a 35% do volume corrente quando se compara o momento basal com o momento final, quando os animais retornam da posição de Trendelenburg, não sendo significativo. Os valores de shunt também não sofreram alterações no decorrer do estudo, fato que nos leva a concluir que não houve alteração significante da relação ventilação perfusão. Segundo Romaldini (1982) quando aumenta a ventilação total de pulmões que não sofreram variações de relação ventilação perfusão, ocorre aumento de espaço morto e o shunt diminui e exatamente o oposto ocorre quando aumenta o fluxo de sangue pulmonar nas mesmas circunstâncias. No entanto as medidas de espaço morto fisiológico, assim como do shunt, sofrem críticas e limitações como parâmetro de mensuração das alterações de relação ventilação perfusão, pois são influenciadas por diversos fatores como: fluxo sanguíneo pulmonar total, concentração de O_2 no gás expirado e concentração de Hmoglobina.

6.3 Parâmetros de Hemogasometria

A manutenção de uma tensão parcial de CO_2 dentro limites fisiológicos é uma das principais preocupações durante procedimentos que envolvem a combinação entre alteração da mecânica respiratória e pneumoperitônio utilizando CO_2 (KALMAR et al., 2010). Ainda que o $EtCO_2$ tenha se provado uma alternativa viável à realização de hemogasometria arterial em diversas circunstâncias clínicas, a utilização dessa ferramenta para monitorização de pacientes submetidos a Trendelenburg e pneumoperitônio ainda é incerta. Por essa razão Kalmar et al.

(2010) avaliaram o nível de concordância entre a $PaCO_2$ e o $EtCO_2$ afim de determinar, em seres humanos, se somente a avaliação do $EtCO_2$ é suficiente para guiar as decisões do anestesista relacionadas à estratégia de ventilação. O grupo concluiu que quando o paciente encontra-se em decúbito dorsal a diferença média entre o $EtCO_2$ e a $PaCO_2$ é de 7,95 mmHg; esse valor sobe para 10,58 mmHg após 2 horas em posição de Trendelenburg e tende e diminuir novamente depois da terceira hora de inclinação. Quando Kalmar et al. (2010) avaliaram todos os valores de $EtCO_2$ e $PaCO_2$ antes, durante e depois do posicionamento do paciente em Trendelenbug eles concluíram que durante o período de inclinação o valor de $PaCO_2$ é ainda mais subestimado quando se utiliza o $EtCO_2$. Sendo assim os resultados obtidos por estes autores sugerem que a manutenção do $EtCO_2$ entre 30 e 35 mmHg pode resultar em uma $PaCO_2$ entre 35 e 45 mmHg. Apesar de atualmente não existir na literatura veterinária trabalhos que relatem estes valores em equinos, em nosso estudo observamos que a diferença da $PaCO_2$ e $ETCO_2$ foi de 13 mmHg nos equinos durante o momento basal, ou seja, apenas anestesiados e em decúbito dorsal e esta manteve-se durante o Trendelenburg, aumentando para 20, 30 minutos após a posição ter sido retornada para dorsal. Lembramos que o pneumoperitônio, em nosso estudo, também foi retirado no momento que os animais retornaram para decúbito dorsal, coincidindo com a diminuição do IRVS e discreto aumento do espaço morto.

Quando o gás CO_2 é utilizado para insuflação durante cirurgias laparoscópicas, a absorção do CO_2 exógeno pode resultar em alterações de equilíbrio acido/ base capazes de produzir efeitos colaterais deletérios para o sistema cardiopulmonar (MENES et al., 2000; DUKE et al., 2002; FUENTES et al., 2006). A hipercapnia pode causar depressão direta do músculo cardíaco e da musculatura lisa vascular, concomitante à estimulação reflexa do sistema simpato-adrenal (RASMUSSEN et al., 1978). Há diversos estudos na literatura que demonstram que a absorção do CO2 utilizado para a insuflação leva a hipercapnia e acidose respiratória (WILLIAMS et al., 1993; DONALDSON et al., 1998; GUTT et al., 2004). No entanto tal fato não parece ter sido de grande relevância neste estudo, pois não houve queda significativa do pH, aumento da EtCO2 bem como da PaCO2 durante nosso o experimento. Trabalhos anteriores a este demonstram que a PaCO2 em cavalos conscientes varia entre 37 e 49 mmHg (NYMAN et al., 2009); no presente estudo todos os animais apresentavam valores de PaCO2 dentro destes

limites (43±4,3) no momento anterior a aplicação da MPA, bem como durante o Trendelenburg, e havendo apenas uma tendência a hipercapnia durante o experimento, mas sem relevância estatística. Este fato pode ter sido amenizado pela adequada ventilação minuto dos animais.

Ao contrário dos resultado obtidos em nosso estudo, Hofmeister et al. (2008) verificaram um aumento significativo de $PaCO_2$ enquanto a PaO_2 e o pH diminuíram. O autor atribui essas alterações às mudanças hemodinâmicas causadas pela posição de Trendelenburg. Provavelmente tais alterações nos valores de $PaCO_2$, PaO_2 e pH não foram significativas em nosso estudo devido à baixa pressão intra-abdominal de CO_2 (8 mmHg) instuída e a inclinação da mesa de 25° contra 15 mmHg e 35° respectivamente utilizados por Hofmeister et al. (2008).

Outra variável bastante importante e possivelmente capaz de influenciar os resultados obtidos no atual estudo e em publicações anteriores é o peso dos animais utilizados. No trabalho de Hofmeister et al. (2008) os animais pesavam ente 433 e 560 kg e foram divididos em 2 grupos, “pesados” e “leves”. Quando comparados os dois grupos houve diferença significativa para os valores de pH, $PaCO_2$ e PO_2 sugerindo a interferência da variável “peso” nos resultados obtidos. O peso corpóreo já foi considerado uma variável importante no estudo de Donaldson et al. (1998), mas nunca foi estatisticamente avaliado em um estudo envolvendo laparoscopia. O abaulamento da circunferência abdominal em decorrência de obesidade é associado a uma menor PaO2 em eqüinos anestesiados (DONALDSON et al., 1998). O peso do animal é uma fator que deve ser considerado como uma variável capaz de provocar alterações nos valores de hemogasomentria em eqüinos anestesiados para laparoscopia.

Em contrapartida pudemos observar queda significante da relação PaO_2/FiO_2 em nosso estudo, durante o momento de retorno dos animais para a posição dorsal, acompanhada de aumento na taxa de extração de O_2, do IVO_2, queda da SVO_2, queda do CvO_2 e aumento da C(a-v)O2. Este fato pode estar demonstrando a alteração da relação Vd/Vt durante a mudança de posição, porém os valores de shunt e desta relação não foram significantes. Como já relatado anteriormente, as atelectasias são fator comum que determinam estas alterações principalmente no pós-opertório imediato (ANDERSSON, et al., 2005; MALBOUISSON, et al., 2008) .

Infelizmente não pudemos avaliar quanto tempo mais estas alterações permaneceram e se elas foram apenas transitórias, pois avaliamos apenas 30

minutos após o retorno do Trendelenburg e não avaliamos a gasometria do pós-operatório imediato, sendo talvez esta uma das limitações de nosso estudo. Porém é sabido que em animais saudáveis estas alterações são corrigidas rapidamente.

6.4 PARÂMETROS INFLAMATÓRIOS

No atual estudo não houve diferença estatística entre os valores de TNF α, IL -1Ra e IL-10 mensurados nos momentos pré-determinados ao longo do experimento, concordando com as observações de Netea et al (2003). Estes autores relatam que a concentração sérica de citocinas é baixa ou indetectável em indivíduos saudáveis, sendo que estes mediadores inflamatórios são liberadas apenas na presença de um estímulo. Quando são liberadas, por possuírem curta meia-vida, sua função se limita à atividade biológica que possuem, A síntese das citocinas é um evento auto-limitado, ou seja, elas não são estocadas permanentemente. Quando ocorre o estímulo, as citocinas são sintetizadas e liberadas e após a resolução do processo ativador, a concentração sérica diminui a níveis baixos ou indetectáveis.

A IL -10 é a citocina melhor estudada e possui ação anti-inflamatória; ela inibe a função dos macrófagos e a síntese da citocina TNF alfa. Observa-se um aumento de sua concentração e do receptor antagonista de IL – 1 (IL-1 Ra) concomitante à diminuição da concentração das citocinas pró-inflamatórias. No estudo de Tadros et al. (2012) foram avaliados os valores de IL-10 e TNF-α séricos em grupos de cavalos que receberam aplicação endovenosa de lipopolisacarídeos (LPS) em infusão contínua (grupo 1), em bolus (grupo 2) e solução salina (grupo controle); apesar de os animais que receberam aplicação de LPS terem apresentados alterações clínicas como hipertermia, letargia e dores abdominais não houve mudanças significativas nos valores de IL-10 e TNF- α. Os autores atribuem essa não detecção ao momento estabelecido para coleta, 8 horas após a aplicação, sendo o pico de concentração plasmática do TNF α logo no início da resposta inflamatória e seu decaimento ocorre um apenas 1 hora. No nosso estudo o equino identificado com o número 6 apresentou, durante todo o experimento, valores

elevados de TNF α, IL-10 e IL-1Ra, entretanto esse animal não demonstrava qualquer alteração clínica antes do início do experimento que nos fizesse retirá-lo do projeto. Provavelmente esse cavalo tinha uma afecção sub-clínica que não foi detectada anteriormente ao início do protocolo experimental, uma vez que as citocinas foram dosadas somente ao final do projeto em decorrência de limitações da técnica utilizada para a mensuração .

Em nosso estudo, foi avaliado os valores de TNF alfa após a MPA e a indução da anestesia e 30 minutos após o retorno ao decúbito dorsal, ou seja, nos momentos em que poderia ter aumento do mesmo, porém este fato não foi observado não foi observado, podendo nos levar a crer que nossos estímulos não promoveram reação inflamatória suficiente.

Segundo Fillho et al. 2006, a interleucina 6 (IL-6) é a principal citocina da resposta inflamatória de fase aguda, sendo um precoce marcador de lesão tecidual e seu nível aumenta em proporção ao trauma. O nível de IL-6 em cirurgia laparascópica é mais baixo do que em laparotomia, avaliado em um estudo prospectivo comparando colecistectomia por laparoscopia com o procedimento aberto. A redução da IL-6 parece ser influenciada especificamente pela insuflação de CO_2. Segundo Grabowski e colaboradores (2008), foi demonstrado que porcos que sofreram insuflação abdominal com CO_2 apresentaram menor liberação de IL-6 comparado aos insuflados com ar. Infelizmente não pudemos avaliar este marcador, o qual parece ser mais específico para avaliar o estímulo da laparoscopia.

Outra limitação de nosso estudo foi a não obtenção de valores da citologia do lavado broncoalveolar, bem como do burst oxidativo destas células, os quais poderiam ter sido mais específicos para avaliação local de insulto inflamatório.

7 CONCLUSÃO

Nas condições propostas pelo nosso estudo foi possível concluir que:

Em relação ao parâmetros de hemodinâmica houve aumento significativo de pressão venosa central (PVC), pressão de artéria pulmonar (PAP), pressão de obstrução de artéria pulmonar (POAP), índice de resistência vascular sistêmico (IRVS), índice de resistência vascular pulmonar (IRVP) e índice sistólico (IS) durante a posição de trendelenburg.

Durante esse mesmo período os parâmetros ventilatórios houve aumento: da pressão de pico (Ppico), pressão de plateau (Pplateau) e resistência respiratória (resist), também decorrentes do posicionamento.

Ocorreu hipoxemia leve após o retorno da posição de Trendelenburg por pelo menos 30 minutos.

REFERÊNCIAS

ALBERT, R. K.; HUBMAYR, R. D. The prone position eliminates compression of the lungs by the heart. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 161, n. 7, p. 1660 - 1665, 2000.

AMATO, M. B. P.; BARBAS, C. S. V.; MEDEIROS, D. M.; MAGALDI, R. B.; SCHETTINO, G. P. P.; LORENZI-FILHO, G.; KAIRALLA, R. A.; DEHEINZELIN, D.; MUNOZ, C.; OLIVEIRA, R.; TAKAGAKI, T. Y.; CARVALHO, C. R. R. Effect of protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. **The New England Journal of Medicine**, v. 338, n. 6, p. 347-354, 1998.

ANDERSSON, L. E.; BAATH, M.; THORNE, A. Effect of carbon dioxide pneumoperitoneum on development of atelectasis during anesthesia, examined by spiral computed tomography. **Anesthesiology**, v. 102, n. 8 p. 293–299, 2005.

ARAÚJO, S.; Monitorização hemodinâmica invasiva à beira do leito. In: TERZI, R. G. G.; ARAÚJO, S. **Técnicas básicas em U.T.I.** 2. ed. São Paulo: Manole, 1992.

AULER, J. O.; MIYOSHI, E.; FERNANDES C. R.; BENSEÑOR, F. E.; ELIAS, L.; BONASSA, J. The effects of abdominal opening on respiratory mechanics during general anesthesia in normal and morbidly obese patients: a comparative study. **Anesthesia and Analgesia,** v. 94, n. 3, p. 741-488, 2002.

BREEN, P. H.; MAZUMDAR, B.; SKINNER, S. C.; Comparison of end-tidal PCO2 and average alveolar expired PCO2 during positive end-expiratory pressure. **Anesthesia and Analgesia** , v. 82, n. 12, p. 368- 373, 1996.

BROSNAN, R. J.; ESTELLER-VICO, A.; STEFFEY, E. P.; LeCOUTEUR, R.A.; LIU, I.K.M; VAUGHAN, B. Effects of head-douwn position on regional central nervous system perfusion in isoflurane-anesthetized horses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 69, n. 6, p. 737-743, 2008.

CANOLA, P. A.; PEROTTA, J. H.; LASKOSKI, L. M.; ESCOBAR, A.; MELO E SILVA, C. A.; CANOLA, J. C.; JOHNSON, P. J. Effect of passive pneumoperitoneum on oesophageal pressure, cardiovascular parameters and blood gas analysis in horses. **Equine veterinary journal**, v. 43, n. 4, p. 446–50, 2011.

CAKAR, N.; DER KLOOT, T. V.; YOUNGBLOOD, M.; ADAMS, A. NAHUM, A. Oxygenation response to a recruitment maneuver during supine and prone positions in an oleic acid-induced lung injury model. **Americam Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, v.161, n.6, p.1949-1956, 2000.

CRUZ, A. M.; KERR, C. L.; BOURÉ, L. P.; SEARS, W. C. Cardiovascular effects of insufflation of the abdômen with carbono dioxide in standing horses sedated with detomidine. **American Journal of Veterinary Research,** v. 65, n.03, p. 357-360, 2004.

DAE-KEE, C.; IN-GYU, L.; JAI-HYUN, H.; Arterial to end-tidal carbon dioxide pressure gradient increases with age in the steep Trendelenburg position with pneumoperitoneum **Korean Journal of Anesthesiology** v. 63, n. 3, p 209-215 , 2012.

DAMBROSIO, M.; ROUPIE, E.; MOLLET, J.; ANGLADE, M.; VASILE, N.; LEMAIRE, F.; BROCHARD, L. Effects of positive end-expiratory pressure and different tidal volumes on alveolar recruitment and hyperinflation. **Anesthesiology**, v. 87, n. 3, p. 495-503, 1997.

DAY, T. K.; GAYNOR, J. S.; MUIR, W. W.; BEDNARSKI, R. M.; MASON, D. S. Blood gas values during intermittent positive pressure ventilation and spontaneous ventilation in 160 anesthetized horses positioned in lateral or dorsal recumbency. **Veterinary Surgery**, v. 24, n. 9 p. 266-276, 1995.

DONALDSON, L. L.; TROSTLE, S. S.; WHITE, N. A. Cardiopulmonary changes asso- ciated with abdominal insufflation of carbon dioxide in mechanically ventilated, dorsally recumbent, halothane anesthetized horses. **Equine Veterinary Journal,** v. 30, n. 2, p. 144-151,1998.

DRUMMOND, G. B.; MARTIN, L. V. Pressure-volume relationships in the lung during laparoscopy. **British Journal of Anaesthesia**, v. 50, n. 2, p. 261–270, 1978.

DUKE, T; CRUZ, A. M.; CRUZ, J. I.; HOUDEN, K. J. Cardiopulmonary effects associated with head-down position in halothane-anesthetized ponies with or without capnoperitoneum. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v.29, n.1, p. 76-89, 2002.

FALABELLA, A.; MOORE-JEFFRIES, E.; SULLIVAN, M. J.; NELSON, R.; LEW, M.; Cardiac function during steep Trendelenburg position and CO2 pneumoperitoneum for robotic-assisted prostate- ctomy: a trans-oesophageal Doppler probe study. **The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery,** v. 11, n.3, p. 312-315, 2007

FERNANDES, C. R.; FILHO, L. M. S.; GOMES, J. M. A.; MESSIAS, E. L.; ESCALANTE, R. D. Efeitos da adição de óxido nitroso na anestesia durante pneumoperitônio em intervenção cirúrgica videolaparoscópica. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 57, n. 1, p. 1-7, 2007.

FISCHER, A. T.; VACHONAM F. H.; Laparoscopiccryptorchidect- omy in horses. **Journal of American Veterinary Mededical Association** v. 201, n.10, p. 1705-1708, 1992

FILHO, I. A.; SOBRINHO, A. A. H.; REGO, A. C. M.; GARCIA, A. C. M. A.; FERNANDES, D. P.; CRUZ, T. M.; COSTA, T. C.; MEDEIROS, A. C. Influence of laparoscopy and laparotomy on gasometry, leucocytes and cytokines in a rat abdominal sepsis model. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 74-79, 2006.

FUENTES, J. M.; HANLY, E. J.; AURORA, A. R.; Laparoscopic surgery and the parasympathetic nervous system. **Surgical Endoscopy and other interventional techniques,** v. 20, n. 8, p. 1225–1232, 2006

GANNEDAHL, P.; ODENBERG, S.; BRODIN, L. A.; SOLLEVI, A. Effects of posture and pneumoperitoneum during anaesthesia on the indices of left ventricular filling. **Acta Anaesthesiologica Scandivavica,** v. 40, n.6, p. 160-166, 1996.

GATTINONI, L.; PELOSI, P.; SUTER, P. M.; PEDOTO, A.; VERCESI, P.; LISSONI, A. Acute respiratory distress syndrome caused by pulmonary and extrapulmonary disease: different syndromes? **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 158, n. 4, p. 3-11, 1998.

GRABOWSKI, J. E.; TALAMINI, M. A. Physiological effects of pneumoperitoneum. **Journal of Gastrointestinal Surgery**, v. 13, n. 5, p.1009-1016, 2008.

GROSENBAUGH, D. A.; MUIR, W. W. Cardiorespiratory effects of sevoflurane, isoflurane and halothane anesthesia in horses. **American Journal of Veterinary Research** v. 59, n. 5, p. 101–106. , 1998.

GUNNARSSON, L.; TOKICS, L.; GUSTAVSSON, H.; HEDENSTIERNA, G. Influence of age on atelectasis formation and gas exchange impairment during general anaesthesia. **British Journal of Anaesthesia**; v. 66, n. 8, p. 423-432, 1991.

GUTT, C. N.; ONIU, T.; SCHEMMER, P. Circulatory and respiratory complications of carbon dioxide insuflation. **Digestive Surgery**; v. 21, n. 7, p. 95–105, 2004

HEDENSTIERNA, G.; TOKICS, L.; STRANDBERG A. Correlation of gas exchange impairment to development of atelectasis during anaesthesia and muscle paralysis. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica**, v. 30, n. 5 p. 183–191, 1986

HIROSE, M.; HASHIMOTO, S.; TANAKA, Y . Eject of head- down tilt position during lower abdominal surgery on endocrine and renal function response. **Anesthesia and Analgesia,** v. 76, n. 2, p. 40-44, 2010.

HIRVONEN, E. A.; NUUTINEN, L. S.; KAUKO, M. Haemodynamic changes due to Trendelenburg positioning and pneumo- peritoneum during laparoscopic

hysterectomy. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica,** v. 39, n. 12, p. 949-955, 1995.

HO, H. S.; GUNTHER, R. A.; WOLFE, B. M.; Intraperitoneal carbon dioxide insufflation and cardiopulmonary functions: laparoscopic cholecystectomy in pigs. **Archives of Surgery**, v.127, n. 11, p. 928–933, 1992.

HØISETH, L. Ø.; HOFF, I. E.; MYRE, K.; LANDSVERK, S. A.; KIRKEBØEN, K. Dynamic variables of fluid responsiveness during pneumoperitoneum and laparoscopic surgery. **Acta anaesthesiologica Scandinavica**, v. 56, n. 6, p. 777–786, 2012.

HOFMEISTER, E.; PERONI, J. F.; FISHER, A. T. Effects of Carbon Dioxide Insufflation and Body Position on Blood Gas Values in Horses Anesthetized for Laparoscopy. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 28, n. 9, p. 549–553, 2008.

HONG, J. Y.; KIM, J. Y.; CHOI, Y. D.; RHA, K. H.; YOON, S.J.; KIL, H. K. Incidence of venous gas embolism during robotic assisted laparoscopic radical prostatectomy is lower than that during radical retropubic prostatectomy. **British Journal of Anaesthesiology**, v.105, n. 2, p.777-781, 2010.

KALMAR, A. F.; FOUBERT, J. F; HENDRICKX, J. F. A.; MOTTRIE, A.; ABSA- LOM, A.; MORTIER, E. P. Influence of steep Trendelenburg position and CO2 pneumoperitoneum on cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory homeostasis during robotic prostatectomy. **British Journal Anaesthesiology**, v.104, n. 10, p. 433-439, 2010.

KAHVEGIAN, M,; FANTONI, D. T. Fluidoterapia e sua influência sobre a resposta inflamatória na fluidoterapia. **Clínica Veterinária**, n. 85, p. 48 – 64, 2010.

KELMAN, G.R.; SWAPP, G. H.; SMITH, I. Cardiac output and arterial blood-gas tension during laparoscopy.**British Journal of Anaesthesiology** v. 44, n. 12, p. 115-161, 1997.

KOIVUSALO, A. M.; PERE, P.; VALJUS, M.; SCHEININ, T. Laparoscopic cholecystectomy with carbon dioxide pneumoperitoneum is safe even for high-risk patients **Surgical Endosopy** v. 22, n. 3, p. 61-67, 2008

JOHANNSEN, G.; ANDERSON, M.; JUHL, B. The e¡ect of gen- eral anaesthesia on haemodynamic events during laparo- scopy with CO2-insuflation. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica** v. 33, n. 3, p. 132-136, 1989.

LATIMER, F.G.; EADES, S.C.; PETTIFER, G.; TETENS, J.; HOSGOOD, G.; MOORE, R.M. Cardiopulmonary, blood and peritoneal fluid alterations associated with abdominal insufflation of carbono dioxide in standing horses. **Equine Veterinary Journal**, v.35, n.3, p.283-290, 2003.

LENZ, R .J.; THOMAS, T. A.; WILKINS, D. G.; Cardiovascular changes during laparoscopy: studies of stroke volume and cardiac output using impedance cardiography. **Anaesthesia** v. 31, n. 2, p. 4-12, 1976.

LESTAR, M.; GUNNARSSON, L.; LAGERSTRAND, L.; WIKLUND, P.; ODE- BERG-WERNERMAN, S. Hemodynamic perturbations during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy in 45º Trendelenburg position. **Anesthesia and Analgesia** ,v. 113, n, 4, p. 1069-1075, 2011.

MCDONELL, W. Respiratory system. In: THURMON, J. C.; TRANQUILLI, W. J.; BENSON, G. J. **Lumb and Jones' veterinary anesthesia**. 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1996. p. 928.

MEININGER, D.; BYHAHN, C.; MIERDL, S. Positive end-expiratory pressure improves arterial oxygenation during prolonged pneumoperitoneum. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica**, v. 49, n. 6, p. 778–783, 2005.

MEININGER, D.; WESTPHAL, K.; BREMERICH, D. H.; RUNKEL, H.; PROBST, M.; ZWISSLER, B. Effects of posture and prolonged pneumoperi- toneum on hemodynamic parameters during laparoscopy. **World Journal of Surgery**, v. 32, n. 3, p.1400-1405, 2008.

MENES, T.; SPIVAK, H. Laparoscopy: Searching for the proper insufflation gas. **Surgical Endoscopy**; v.14, n. 12, p. 1050–1056, 2000.

MOENS, Y; Arterial-alveolar carbon dioxide tension dif- ference and alveolar dead space in halothane anaesthe- tisedhorses. **Equine Veterinary Journal** v.21, n. 5, p. 282-284, 1989.

NYMAN, G.; HEDENSTIERNA, G. Ventilation-perfusion relationships in the anaesthetised horse. **Equine Veterinary Journal** v. 21, n. 11, p. 274-281, 1989.

ODEBERG, S.; LJUNGQVIST, O.; SVENBERG, T. Haemody- namic e¡ects of pneumoperitoneum and the in£uence of posture during anaesthesia for laparoscopic surgery. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica** v. 38, n. 7, p. 276-283, 1994.

PELOSI, P.; FOTI, G.; CEREDA, M. Effects of carbon dioxide insufflation for laparoscopic cholecystectomy on the respiratory system. **Anaesthesia**, v. 51, n. 6, p. 744–749, 1996.

PERONI, J. F.; FISCHER, A.T. Ejects of carbon dioxide insuflation and body position on blood gas values andcardiovascularparametersintheanesthetized horse undergoing laparoscopy. **Veterinary Surgery** v. 24, n.3, p. 449-453, 1995.

RANIERI, V. M.; SUTER, P. M.; TORTORELLA, C. Effect of mechanical ventilation on inflammatory mediators in patients with acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. **Journal of American Medical Association,** v. 282, n. 10, p. 54–61, 1999.

ROUBY, J. J.; CONSTANTIN, J. M.; GIRARDI, CASSIO R. A.; ZHANG, M.; QUIN LU. Mechanical ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome. **Anesthesiology**, v. 101, n. 1, p. 228 – 234, 2004.

SHARMA K C; BRANDSTETTER R D; BRENSILVER J M; JUNG L D. Cardiopulmonary physiology and pathophysiology as a consequence of laparoscopic surgery. **Chest**, v. 110, n. 4, p. 810–815.

SHAWLEY, R. V.; MANDSAGER, R. O . Clinical use of positive-pressure ventilation in the horse. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 6, n. 3, pp.575 – 585, 1990.

SHOEMAKER, W. C.; HAUSER, C.J. Critique of cristalloid versus colloid therapy in shock and shock lung. **Critical Care Medicine**, v. 7, n. 3, p. 117-24, 1995.

STEFFEY. E P; KELLY, A.B.; HODGSON D. S. Effect of body pos- ture on cardiopulmonary function in horses during five hours of constant-dose halothane anesthesia. **Am J Vet Res**, v. 51, n. 11, p. 11–16, 1990.

STEWART, T. E.; MEADE, M. O; COOK, D. J.; GRANTON, J. T.; HODDER, R. V.; LAPINSKY, S. E.; MAZER, C. D.; McLEAN, R. F.; ROGOVEIN, T. S.; SCHOUTEN, B. D.; TODD, T. R. J.; SLUTSKY, A. S. Evaluation of a ventilation strategy of prevent barotrauma in patients at high risk for acute respiratory distress syndrome. **The New England Journal of Medicine**, v. 338, n. 6, pp. 355-361, 1998.

SPRUNG, J.; WHALLEY, D. G.; FALCONE, T. The impact of morbid obesity, pneumoperitoneum, and posture on respiratory system mechanics and oxygenation during laparoscopy. **Anesthesia and Analgesia** 2002; v. 94, n. 3, p. 1345–1350, 2002

TADROS, E. M.; FRANK, N. Effects of continuous or intermittent lipopolysaccharide administration for 48 hours on the systemic inflammatory response in horses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 73, n. 9, p. 1394-402, 2012

TOMASIC, M.; MANN, L. S.; SOMA, L. R. Effects of sedation, anesthesia, end endotracheal intubation on respiratory mechanics in adult horses. **American Journal of Veterinary Research**, v.58, n. 6, pp.641 – 646, 1997.

VALENZA, F.; CHEVALLARD, G.; PORRO, G. A.; GATTINONI, L. Static and dynamic components of esophageal and central venous pressure during intra-abdominal hypertension. **Critical Care Medicine**; v. 35, n. 3, p. 1575–1581, 2007.

WALKER, M. G.; YAO, L. J.; PATTERSON, E. K.; JOSEPH, M. G.; VELDHUIZEN, R. A. The effect of tidal volume on systemic inflammation in acid-induced lung injury. **Respiration**, v. 81, n. 4, p. 333–432, 2011.

WILLIAMS, M. D.; MURR, P. C. Laparoscopic insufflation of the abdomen depresses cardiopulmonary function. **Surgical Endoscopy**, v. 7, n. 10, p. 12–16, 1993.

WINDBERGER, U.; SIEGL, H.; WOISETSCHLÄGER, R.; SCHRENK, P. PODESSER, B.; LOSERT, U. Hemodynamic changes during prolonged laparoscopic surgery. **European Surgery Research**. v. **26**, n. 8, p. 1-9, 1994.

APÊNDICE A – TABELAS DE PARAMETROS HEMODINÂMICOS

Tabela 1 – Valores individuais, média e desvio padrão da freqüência cardíaca aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

FC	MBMPA	MRecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	44	57	53	47	50
Animal 02	36	31	37	30	45
Animal 03	40	34	50	55	61
Animal 04	36	34	60	51	42
Animal 05	36	51	70	79	84
Animal 06	46	42	59	71	39
Animal 07	49	67	62	61	80
Animal 08	32	37	49	51	38
MÉDIA	40	44	55	56	55
DP	5.9	12.9	10.0	15.1	18.3

Tabela 2 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão artéria média aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

PAM	T3	T4	T5	T6
Animal 01	75	95	90	54
Animal 02	63	76	70	65
Animal 03	66	65	71	65
Animal 04	60	85	84	67
Animal 05	76	100	92	104
Animal 06	65	83	70	76
Animal 07	104	98	72	86
Animal 08	82	105	99	76
MÉDIA	74	88	81	74
DP	14.3	13.6	11.7	15.4

Tabela 3 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão artéria sistólica aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

PAS	MRecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	89	106	104	70
Animal 02	81	90	81	82
Animal 03	83	77	78	90
Animal 04	72	102	99	86
Animal 05	96	109	101	117
Animal 06	85	110	90	111
Animal 07	130	105	91	103
Animal 08	112	134	131	96
Media	94	104	97	94
DP	18.9	16.5	16.6	15.6

Tabela 4 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão arterial diastólica aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

PAD	MRecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	68	85	78	47
Animal 02	51	58	55	53
Animal 03	54	56	64	55
Animal 04	50	75	73	56
Animal 05	64	85	78	91
Animal 06	49	70	56	54
Animal 07	88	95	61	76
Animal 08	68	98	93	65
Media	62	78	70	62
DP	13.4	15.8	13.1	14.6

Tabela 5 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão avenosa central aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

PVC	T3	T4	T5	T6
Animal 01	10	15	15	10
Animal 02	2	9	12	4
Animal 03	4	19	16	2
Animal 04	0	11	15	-2
Animal 05	3	4	15	6
Animal 06	3	7	3	-2
Animal 07	4	8	11	2
Media	4	10	12	3
DP	3.1	5.1	4.5	4.3

Tabela 6 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão da artéria pulmonar aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

PAP	T3	T4	T5	T6
Animal 01	5	24	23	9
Animal 02	12	19	17	15
Animal 03	10	25	23	12
Animal 04	9	20	21	11
Animal 05	14	32	31	15
Animal 06	20	22	16	7
Animal 07	17	26	18	8
Media	12	24	21	11
DP	5.1	4.4	5.1	3.2

Tabela 7 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão de oclusão da artéria pulmonar aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

POAP	T3	T4	T5	T6
Animal 01	5	19	18	6
Animal 02	7	13	16	11
Animal 03	7	21	19	10
Animal 04	6	17	11	10
Animal 05	9	29	28	18
Animal 06	10	14	5	10
Animal 07				
Media	7	19	16	11
DP	1.9	5.8	7.8	3.9

Tabela 8 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão de oclusão da artéria pulmonar aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

DC	MRecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	23	17.48	18.16	15.28
Animal 02	17.8	14.48	9.88	16.6
Animal 03	15.68	14.56	15.56	26.6
Animal 04	14.8	23.16	18.4	16.68
Animal 05	27	15.6	14.52	15.6
Animal 06	29.9	26.56	20.72	23.36
Animal 07	25.92	20.4	18.8	19.24
Animal 08	24.32	17.16	14.36	13.65
Media	22	19	16	18
DP	5.6	4.4	3.4	4.5

Tabela 9 – Valores individuais, média e desvio padrão do índice cardíaco aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

IC	MRecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	3.4	2.6	2.7	2.3
Animal 02	2.9	2.4	1.6	2.7
Animal 03	2.9	2.7	2.8	4.9
Animal 04	2.6	4.1	3.2	2.9
Animal 05	4.7	2.7	2.5	2.7
Animal 06	3.6	3.3	2.8	3.6
Animal 07	3.9	3.2	2.9	2.8
Animal 08	3.3	2.4	1.9	1.8
Media	3.2	2.5	2.2	2.5
DP	0.3	0.1	0.8	1.0

Tabela 10 – Valores individuais, média e desvio padrão do índice de resistência vascular sistêmica aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

IRVS	MRecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	1522	2465	2225	1551
Animal 02	1661	2243	2846	1781
Animal 03	1729	1382	1546	1036
Animal 04	1851	1459	1712	1889
Animal 05	1247	2839	2447	2898
Animal 06	1367	2549	2587	1499
Animal 07	1702	2735	2851	1792
Animal 08	1026	1849	2081	2044
Media	1592	2354	2535	1666
DP	98	157	439	681

Tabela 11 – Valores individuais, média e desvio padrão do índice de resistência vascular pulmonar aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

IRVP	MRecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	72	154	148	106
Animal 02	136	201	125	117
Animal 03	75	120	112	61
Animal 04	79	59	248	109
Animal 05	85	89	95	118
Animal 06	70	125	114	62
Animal 07	81	136	129	85
Animal 08	68	131	129	71
Media	104	177	137	111
DP	45	33	16	24

Tabela 12 – Valores individuais, média e desvio padrão do índice de resistência vascular pulmonar aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

IS	MRecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	14	19	20	15
Animal 02	11	15	18	16
Animal 03	12	19	19	13
Animal 04	13	15	16	14
Animal 05	11	26	31	31
Animal 06	12	16	18	12
Animal 07	11	18	20	13
Animal 08	11	20	19	13
Media	12	17	19	16
DP	2	3	1	7

APÊNDICE B – TABELAS DE PARAMETROS VENTILATÓRIOS

Tabela 13 – Valores individuais, média e desvio padrão da freqüência respiratória aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

FR	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	Mdorsal
Animal 01	20	10	11	11	11
Animal 02	12	10	10	10	10
Animal 03	12	8	7	7	8
Animal 04	20	10	8	7	8
Animal 05	20	10	10	10	15
Animal 06	22	10	8	8	8
Animal 07	14	10	8	8	8
Animal 08	16	8	10	10	10
Media	17	10	9	9	10
DP	4.0	0.9	1.4	1.6	2.4

Tabela 14 – Valores individuais, média e desvio padrão do volume minuto (VM) aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

VM	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	Mdorsal
Animal 01	47.9	47.9	66.1	60.5
Animal 02	33,.2	44.8	52.1	51.6
Animal 03	22.2	43.3	28.3	40.1
Animal 04	40	35	35.2	33.6
Animal 05	41.7	23.9	30.5	32.3
Animal 06	43.7	43.9	42.1	40.8
Animal 07	40	40.4	42.4	49.9
Animal 08	44.7	59.8	51.1	55.7
MÉDIA	40	42	43	46
DP	8.3	10.3	12.6	10.4

Tabela 15 – Valores individuais, média e desvio padrão do volume expirado aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

Vexp	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	Mdorsal
Animal 01	4.3	3.9	5.9	4.9
Animal 02	4.7	5.1	5.2	5.2
Animal 03	4.3	3.8	4.0	4.9
Animal 04	4.78	4.04	4.49	4.42
Animal 05	3.6	3.97	3.98	3.99
Animal 06	3.9	4.1	5	3.7
Animal 07	4	5.6	5.3	6.1
Animal 08	4.2	4.2	4.43	5.12
Media	4.2	4.3	4.8	4.8
DP	0.4	0.7	0.7	0.8

Tabela 16 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão de pico (Ppico) ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

Ppico	MRecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	30	29	40	28
Animal 02	17	34	35	25
Animal 03	23	32	31	26
Animal 04	25	26	31	21
Animal 05	26	34	36	23
Animal 06	24	28	29	26
Animal 07	22	29	30	29
Animal 08	26	30	34	34
Media	24	30	33	27
DP	3.8	2.9	3.7	4.0

Tabela 17 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão de plateau (Pplateau) ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

Pplateau	MRecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	20	24	35	23
Animal 02	16	30	31	23
Animal 03	19	28	30	23
Animal 04	21	24	26	19
Animal 05	21	32	29	18
Animal 06	22	25	26	22
Animal 07	20	24	25	28
Animal 08	24	27	30	30
Media	20	27	29	23
DP	2.3	3.1	3.3	4.1

Tabela 18 – Valores individuais, média e desvio padrão da resistência aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

Resist.	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	Mdorsal
Animal 01	10	15	18	9
Animal 02	11	14	14	9
Animal 03	19	19	19	16
Animal 04	9	15	14	10
Animal 05	3	16	18	16
Animal 06	7	15	14	7
Animal 07	10	18	18	8
Animal 08	8	17	19	9
Media	10	16.125	17	11
DP	4.6	2.2	2.6	3.4

Tabela 19 – Valores individuais, média e desvio padrão da complacência estática aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

Complac. Est	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	Mdorsal
Animal 01	132	128	116	147
Animal 02	178	90	95	168
Animal 03	105	65	63	96
Animal 04	109	95	81	181
Animal 05	80	123	123	120
Animal 06	154	135	119	149
Animal 07	196	155	158	187
Animal 08	263	218	`191	260
Media	121	100	96	142
DP	37	26	25	35

Tabela 20 – Valores individuais, média e desvio padrão da concentração de CO2 no ar expirado aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

EtCO2	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	Mdorsal
Animal 01	30	34	25	26
Animal 02	38	41	44	29
Animal 03	30	31	34	31
Animal 04	28	36	33	40
Animal 05	35	36	37	48
Animal 06	37	40	42	39
Animal 07	33	42	40	40
Animal 08	34	38	41	37
Media	33	37	37	36
DP	3.6	3.7	6.2	7.2

APÊNDICE C – TABELAS DE PARÂMETROS DE HEMOGASOMETRIA ARTERIAL

Tabela 21 – Valores individuais, média e desvio padrão do potencial hidrogeniônico (pH) no ar expirado aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

pH art	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	7.38	7.4	7.37	7.42	7.41
Animal 02	7.29	7.37	7.37	7.37	7.34
Animal 03	7.39	7.3	7.34	7.3	7.34
Animal 04	7.41	7.45	7.32	7.31	7.25
Animal 05	7.41	7.41	7.35	7.32	7.26
Animal 06	7.41	7.39	7.36	7.32	7.33
Animal 07	7,32	7.25	7.28	7.35	7.34
Animal 08	7.45	7.39	7.43	7.46	7.46
Media	7.4	7.4	7.4	7.4	7.3
DP	0.05	0.06	0.04	0.06	0.07

Tabela 22 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

PaCO2	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	42	44	45	38	40
Animal 02	43	37	38	40	47
Animal 03	39	54	50	55	55
Animal 04	37	36	55	60	78
Animal 05	41	40	48	53	67
Animal 06	38	43	49	58	60
Animal 07	50	74	69	63	62
Animal 08	37	41	43	41	40
Media	41	46.125	50	51	56
DP	4.3	12.6	9.3	9.9	13.4

Tabela 23 – Valores individuais, média e desvio padrão da pressão parcial de oxigênio no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

PaO2	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	117	91	167	228	90
Animal 02	105	339	341	256	219
Animal 03	105	201	113	160	149
Animal 04	94	372	152	157	157
Animal 05	113	247	123	246	136
Animal 06	122	318	226	201	193
Animal 07	142	124	171	200	154
Animal 08	131	338	257	206	159
Media	116	254	194	207	157
DP	15	106	77	36	38

Tabela 24 – Valores individuais, média e desvio padrão da fração inspirada de oxigênio no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

FiO2	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	0.21	0.65	0.88	0.82	0.83
Animal 02	0.21	0.82	0.82	0.82	0.82
Animal 03	0.21	0.82	0.81	0.8	0.81
Animal 04	0.21	0.76	0.9	0.75	0.75
Animal 05	0.21	0.7	0.91	0.87	0.7
Animal 06	0.21	0.71	0.92	0.88	0.74
Animal 07	0.21	0.72	0.93	0.9	0.88
Animal 08	0.21	0.73	0.92	0.89	0.79
Media	0.21	0.74	0.89	0.84	0.79
DP	0.00	0.06	0.05	0.05	0.06

Tabela 25 – Valores individuais, média e desvio padrão da razão entre PaO2 e FiO2 no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

PaO2/FiO2	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	557	140	190	278	108
Animal 02	500	413	416	312	267
Animal 03	500	245	140	200	184
Animal 04	448	489	169	209	209
Animal 05	538	353	135	283	194
Animal 06	527	339	192	219	201
Animal 07	676	172	184	223	175
Animal 08	624	463	279	232	201
Media	546	327	213	245	193
DP	73	130	93	41	44

Tabela 26 – Valores individuais, média e desvio padrão da razão entre SaO2 no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

SaO2	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	98	97	93	99	97
Animal 02	97	100	100	100	100
Animal 03	98	99	99	95	92
Animal 04	97	100	99	97	99
Animal 05	98	100	99	98	94
Animal 06	99	100	100	98	100
Animal 07	99	98	99	99	99
Animal 08	98	100	100	100	100
Media	98	99	99	98	98
DP	0.8	1.2	2.3	1.7	3.1

Tabela 27 – Valores individuais, média e desvio padrão de HCO3 no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

HC03 arterial	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	24	25	26	25	25
Animal 02	20	21	22	24	25
Animal 03	23	27	28	28	31
Animal 04	23	25	28	31	34
Animal 05	25	26	27	27	30
Animal 06	26	28	30	31	31
Animal 07	28	31	32	34	33
Animal 08	26	29	29	29	29
Media	24	27	28	29	30
DP	2.4	3.0	3.0	3.3	3.3

Tabela 28 – Valores individuais, média e desvio padrão de *base excess* no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

BE arterial	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	0	-2	0	1	0
Animal 02	-5	-5	-3	-3	-1
Animal 03	-1	-1	0	0	3
Animal 04	-1	2	1	3	3
Animal 05	1	1	1	0	1
Animal 06	-2	-1	-1	2	1
Animal 07	1	2	3	6	5
Animal 08	0	-3	-1	-1	1
Media	-0.9	-0.9	0.0	1.0	1.6
DP	1.96	2.47	1.77	2.73	1.92

Tabela 29 – Valores individuais, média e desvio padrão de temperatura no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

T^{o}C	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	37.5	36.3	36.3	36.4	36.3
Animal 02	37.3	35.5	35.1	34.9	34.4
Animal 03	36.5	35.6	34.5	33.4	33.5
Animal 04	36.8	35.4	34.9	34.1	33.9
Animal 05	37.1	34.6	34	35	34.5
Animal 06	37.8	35.3	35.3	34.7	34.4
Animal 07	37.7	36.8	35.9	35.4	34.3
Animal 08	37	35.3	35.5	35.9	35.9
Media	37.2	35.6	35.2	35.0	34.7
DP	0.45	0.67	0.74	0.96	0.96

Tabela 30 – Valores individuais, média e desvio padrão de CaO_2 no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

CaO_2	MBMPA	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	11.99871	11.87553	11.38821	12.12444	11.8755
Animal 02	13.19515	13.61017	13.61023	13.60768	13.60657
Animal 03	14.66395	14.81643	14.81379	14.2168	13.76767
Animal 04	13.19482	13.61116	13.46856	13.19671	13.46871
Animal 05	13.33139	13.60741	13.46769	13.33538	12.78808
Animal 06	14.278943	14.445129	14.58327	14.115437	14.85398
Animal 07	14.95813	14.72165	14.78821	14.77025	14.73198
Animal 08	13.13606	13.41047	13.40796	13.40638	13.40492
Media	13.6	13.8	13.7	13.6	13.6
DP	0.97	0.95	1.12	0.80	0.97

Tabela 31 – Valores individuais, média e desvio padrão de $C(a\text{-}v)O_2$ no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

$C(a\text{-}v)O_2$	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	3.42873	3.92082	3.31053	4.53057
Animal 02	2.59282	3.13703	4.76669	3.40537
Animal 03	1.79961	1.79718	2.24757	4.04274
Animal 04	3.95414	2.58733	4.76375	5.17169
Animal 05	1.22973	2.3141	6.67057	6.80327
Animal 06	3.706669	4.99406	5.979507	6.80585
Animal 07	3.32092	4.57286	5.28868	6.81636
Animal 08	1.34886	2.55266	3.62314	3.13127
Media	2.7	3.2	4.6	5.1
DP	1.09	1.14	1.46	1.56

Tabela 32 – Valores individuais, média e desvio padrão de IDO_2 no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

IDO2	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	295.6522307	327.0105753	269.5004676
Animal 02	325.2586332	221.8890337	372.7790994
Animal 03	394.5059506	404.6107768	669.8353817
Animal 04	546.5122539	425.4256586	393.6064732
Animal 05	364.3082209	335.7556071	345.9244068
Animal 06	469.3327951	401.8810303	522.835884
Animal 07	458.0321938	433.4131941	422.3991609
Animal 08	230.123665	192.538305	182.977158
Media	385.5	342.8	397.5
DP	103.22	92.46	149.37

Tabela 33 – Valores individuais, média e desvio padrão de IVO_2 no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

IVO_2	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	104.6985489	101.7894102	89.28893375	102.8159432
Animal 02	76.17056495	74.96905564	77.72641905	93.29689713
Animal 03	51.61197231	47.86068955	63.96594477	196.6905287
Animal 04	102.5307044	104.9858003	153.5702066	151.1362752
Animal 05	57.57378666	62.59764325	167.9503156	184.0320939
Animal 06	134.254328	160.7236332	170.2427232	239.5548265
Animal 07	131.2797867	142.2746158	155.1892278	195.4404462
Animal 08	44.48068179	59.39526735	70.54739081	57.95548655
Media	87.8	94.3	118.6	152.6
DP	35.43	40.77	47.04	62.43

Tabela 34 – Valores individuais, média e desvio padrão de TeO_2 no sangue arterial aferidos ao longo do experimento – FMVZ/ USP, 2012

TeO_2	Mrecrut	M10Trend	M60Trend	M30Dorsal
Animal 01	28.87222718	34.42876449	27.30460128	38.15056208
Animal 02	19.05060701	23.04905942	35.02940986	25.02739485
Animal 03	12.14604328	12.13180422	15.80925384	29.36401003
Animal 04	29.05072014	19.2101457	36.09801231	38.39781241
Animal 05	9.037208403	17.18260518	50.02159668	53.20008946
Animal 06	25.66033851	34.24513158	42.36147276	45.81835979
Animal 07	22.55806924	30.9223361	35.80629983	46.26913694
Animal 08	10.05826045	19.03839212	27.02549085	23.35910994
Media	19.6	23.8	33.7	37.4
DP	8.27	8.43	10.41	10.79