



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
Programa de Pós-graduação em Saúde Animal

**AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO CARDÍACA DE EQUINOS
SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO DE POLO**

CAMILA ALFARO DE OLIVEIRA BELLO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
EM SAÚDE ANIMAL

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2012



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
Programa de Pós-graduação em Saúde Animal

**AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO CARDÍACA DE EQUINOS
SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO DE POLO**

CAMILA ALFARO DE OLIVEIRA BELLO

ORIENTADOR: EDUARDO MAURÍCIO MENDES DE LIMA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
EM SAÚDE ANIMAL

PUBLICAÇÃO: 047/2012

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2012

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO CARDÍACA DE EQUINOS
SUMETIDOS AO EXERCÍCIO DE POLO**

CAMILA ALFARO DE OLIVEIRA BELLO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL, COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS A
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
SAÚDE ANIMAL

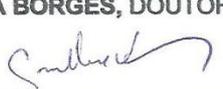
APROVADA POR:



EDUARDO MAURÍCIO MENDES DE LIMA, DOUTOR (UnB)
(ORIENTADOR)



JOSÉ RENATO JUNQUEIRA BORGES, DOUTOR (A) (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)



GUILHERME DE CAMARGO FERRAZ, DOUTOR (A) (Unesp)
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA / DF, 27 de fevereiro de 2012

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATAGOLAÇÃO

BELLO, C.A.O. **Avaliação da função cardíaca de equinos submetidos ao exercício de polo.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2012, 66p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo e comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Bello, Camila Alfaro de Oliveira

Avaliação da função cardíaca de equinos submetidos ao exercício de polo. / Camila Alfaro de Oliveira Bello
Orientação de Eduardo Maurício Mendes de Lima.
Brasília, 2012. 66p.: il.

Dissertação de mestrado (M) – Universidade de Brasília/
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2012.

1. Função cardíaca 2. Fisiologia do exercício 3. Polo
4. Equino. I. Lima, E.M.M. II. Doutor

Agris / FAO

Dedico àqueles que buscam conhecer as necessidades, capacidades e limitações do cavalo permitindo que qualquer modalidade equestre seja uma atividade prazerosa para cavalo e cavaleiro.

Aos meus pais pela educação que me proporcionaram durante toda minha vida, que me permitiu chegar aqui e permitirá ir muito além.

A minha égua, o início de tudo.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a meu anjo da guarda que sempre estão ao meu lado.

Aos meus pais que me deram o privilégio de poder, por anos, me preocupar apenas com meus estudos.

Ao meu orientador Prof^o. Dr. Eduardo Maurício Mendes de Lima pelo exemplo de profissionalismo, pela motivação e por retirar todos os obstáculos que estavam ao seu alcance tornando este trabalho de fácil condução. Todo agradecimento será pouco.

Ao Renato Bizinoto pelo companheirismo, pela paciência e pela dedicação. Nada passou despercebido.

Ao casal Cinthia e Anderson pela amizade. A minha admiração e gratidão são enormes. Em um mundo onde tudo leva ao individualismo poucos são aqueles que têm a disponibilidade de ajudar.

Ao Dr. Carlos Eduardo Vasconcelos por ter me mostrado os caminhos da cardiologia e pelos ensinamentos ecocardiográficos.

Ao 1^o Regimento de Cavalaria de Guarda, por ter sempre deixado as portas abertas e a todos que ali contribuíram gentilmente para realização deste trabalho.

Ao Prof^o. Dr. Guilherme de Camargo Ferraz pelos ensinamentos desde o meu estágio no LAFEQ e pela disponibilidade em ajudar mesmo de longe.

A Prof^a. Dr^a. Gláucia Bueno Pereira Neto por todos os esclarecimentos sobre eletrocardiografia e ecocardiografia.

A Priscila, André, Thaís, Nina e Joana. Este trabalho também é de vocês.

A todos os professores e residentes do Hospital Veterinário de Grandes Animais da UnB (Hvetão) que disponibilizaram todo equipamento necessário para realização deste trabalho e por, há tempos, contribuírem para minha formação profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo incentivo a pesquisa e apoio financeiro.

O resultado final é produzir o maior número possível de criaturas de pulmões saudáveis, olhos brilhantes e coração feliz.

John Ruskin

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT	xv

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO	1
REFERENCIAL TEÓRICO	2
1. Respostas e adaptações cardíacas do equino atleta	2
1.1 Regulação.....	3
1.2 Frequência Cardíaca	4
1.3 Débito Cardíaco	6
1.4 Volume Sistólico.....	7
1.5 Fração de Ejeção e Fração de Encurtamento.....	8
1.6 Incremento da massa cardíaca	9
1.7 Redistribuição Sanguínea	11
1.8 Eletrocardiograma.....	12
2. Exercício físico e o estresse fisiológico.....	14
3. Exercício físico e estresse cardiovascular	16
4. Exercício físico e teste de esforço: eletrocardiograma e ecocardiograma	17
OBJETIVOS	18
REFERÊNCIAS.....	18

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DE EQUINOS SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO DE POLO	23
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS	26
DISCUSSÃO	26
CONCLUSÃO.....	30

REFERÊNCIAS	30
 CAPÍTULO III	
AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA DE EQUINOS SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO DE POLO	33
INTRODUÇÃO	33
MATERIAL E MÉTODOS	34
RESULTADOS	35
DISCUSSÃO	36
CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	42
 CAPÍTULO IV	
O PAPEL DA FADIGA CARDÍACA, ARRITMIA E PERDA DE PESO CORPORAL INDUZIDAS PELO EXERCÍCIO DE POLO EM EQUINOS SAUDÁVEIS	46
INTRODUÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS	47
RESULTADOS	50
DISCUSSÃO	51
CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	56
 CAPÍTULO V	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
 ANEXOS	
ANEXO I - RESUMOS PUBLICADOS EM EVENTOS	60
ANEXO I.1 – Resumo expandido aceito no SIMCAV (Abril/2011)	60
ANEXO II – TABELAS	64
ANEXO II. 1 – Tabela 6. Valores de referência das dimensões cardíacas mensuradas pela ecocardiografia em modo M de equinos de diferentes pesos (adaptado de Marr e Bowen, 2010).	64
ANEXO II. 2 - Tabela 7. Valores de referência da duração dos complexos e intervalos eletrocardiográficos (base-ápice) em equinos saudáveis (adaptado de Marr e Bowen, 2010).	64

ANEXO III - DECLARAÇÃO	65
ANEXO III. 1 – Declaração de aprovação do projeto utilizando ecocardiografia em equinos pelo Comitê de Ética no Uso Animal.	65
ANEXO III. 2 – Declaração de aprovação do projeto utilizando eletrocardiografia em equinos pelo Comitê de Ética no Uso Animal.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS

bpm	Batimentos por minuto
BAV	Bloqueio atrioventricular
CCE	Concurso Completo de Equitação
cm	Centímetros
DC	Débito cardíaco
DVE	Diâmetro interno do ventrículo esquerdo
DVE _d	Diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole
DVE _s	Diâmetro interno do ventrículo esquerdo em sístole
DVP	Despolarização ventricular prematura
DSVP	Despolarização supraventricular prematura
EC	Escore cardíaco
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência cardíaca
FC _{máx}	Frequência cardíaca máxima
FCIE	Fadiga cardíaca induzida pelo exercício
FE	Fração de encurtamento
FE _j	Fração de ejeção
h	Horas
Kg	Quilogramas
Km	Quilômetros
m	Metros
M _o	Momento inicial, em repouso
M _f	Momento final, após o exercício
MHz	Megahertz
mm/s	Milímetros por segundo
ms	Milissegundos
mV	Milivolts
n ^o	Número
O ₂	Oxigênio
PLVE	Parede livre do ventrículo esquerdo
PLVE _d	Parede livre do ventrículo esquerdo em diástole
PLVE _s	Parede livre do ventrículo esquerdo em sístole
pH	Potencial hidrogeniônico
PSI	Puro Sangue Inglês
SIV	Septo interventricular
SIV _d	Septo interventricular em diástole
SIV _s	Septo interventricular em sístole
VE	Ventrículo esquerdo
VDVE	Volume diastólico final do ventrículo esquerdo
VSVE	Volume sistólico final do ventrículo esquerdo
VO ₂	Volume de oxigênio
VO _{2máx}	Volume de oxigênio máximo
VS	Volume sistólico

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Representação das médias e desvios-padrão dos índices ecocardiográficos e peso corporal de equinos de polo em repouso (M_0) e após exercício (M_f).	26
Tabela 2	Representação das médias e desvios-padrão dos índices eletrocardiográficos de equinos de polo em repouso (M_0) e após exercício (M_f).	36
Tabela 3	Representação das médias e desvios-padrão do índice eletrocardiográfico QTc e peso corporal de equinos de polo em repouso (M_0) e após exercício (M_f).	50
Tabela 4	Representação das médias e desvios-padrão dos índices ecocardiográficos de equinos de polo em repouso (M_0) e após exercício (M_f).	50
Tabela 5	Representação dos valores de r da correlação de Pearson referentes à fração de encurtamento, fração de ejeção, frequência cardíaca e diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole.	50
Tabela 6	Valores de referência das dimensões cardíacas mensuradas pela ecocardiografia em modo M de equinos de diferentes pesos (adaptado de Marr e Bowen, 2010).	64
Tabela 7	Valores de referência da duração dos complexos e intervalos eletrocardiográficos (base-ápice) em equinos saudáveis (adaptado de Marr e Bowen, 2010).	64

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	A: Imagem ecocardiográfica em modo M referente ao M_0 com seta indicando a parede livre do ventrículo esquerdo em sístole normocinética. B: Imagem ecocardiográfica em modo M referente ao M_f com seta indicando a parede livre do ventrículo esquerdo em sístole hipocinética.	28
Figura 2	Traçado eletrocardiográfico na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s de um equino de polo apresentando um aumento marcado da amplitude da onda T única positiva. Considera-se A o resultado no M_0 e B no M_f .	39
Figura 3	Traçado eletrocardiográfico na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s de um equino antes (A) e após (B) o exercício de polo. As setas indicam a mudança de morfologia da onda T entre os dois momentos avaliados.	52

RESUMO

A capacidade do coração de bombear e redistribuir o sangue de forma efetiva é essencial para o desempenho atlético. O exercício físico resulta em diversas mudanças no sistema cardiovascular de equinos e pode induzir anormalidades que não são observadas em repouso. Pouco se sabe sobre as consequências cardíacas do esforço físico intenso exercido por cavalos em competições de polo. Portanto, os objetivos deste estudo foi o de identificar e avaliar através do ecocardiograma e eletrocardiograma as alterações cardíacas após exercício de polo em equinos, e ainda, o potencial arritmogênico, a perda de peso corporal e o papel da fadiga cardíaca induzida por exercício em cavalos de polo saudáveis. Foram avaliados 27 equinos atletas de polo submetidos à partida treino, antes e após o exercício. Os resultados demonstraram que esta modalidade alterou diversos índices ecocardiográficos e eletrocardiográficos no período de cinco a dez minutos do término de um *chukker* sugerindo alta demanda cardíaca. Demonstrou também que foi capaz de induzir fadiga cardíaca e arritmia indicando a importância de uma avaliação cardíaca de triagem e treinamento cardiovascular adequado para esta modalidade. A perda de peso corporal não foi significativa quando considerado o grupo, porém individualmente observamos perdas consistentes. Novos estudos são necessários para acompanhar o tempo de recuperação cardíaca, definir se as alterações observadas são acompanhadas de lesão miocárdica e identificar suas possíveis consequências em longo prazo.

Palavras-chave: equino, ecocardiografia, eletrocardiografia, fisiologia do exercício, função cardíaca, polo.

ABSTRACT

The ability of the heart to pump and distribute blood effectively is essential to athletic performance. Exercise results in several changes in the cardiovascular system in horses and can induce abnormalities that are not observed at rest. Little is known about the cardiac consequences of the intense physical effort exerted by polo ponies in competitions. Therefore, the objectives of this study was to identify and evaluate with an echocardiogram and electrocardiogram cardiac changes after exercise in polo ponies, and also the potential arrhythmogenic, weight loss and the role of exercise-induced cardiac fatigue in healthy polo ponies. Outside evaluated 27 equine polo athletes undergoing training starting at before and after exercise. The results showed that this mode has changed several echocardiographic and electrocardiographic within five to ten minutes from the end of a chukker suggesting high cardiac demand. Also showed that fatigue was able to induce cardiac arrhythmia and indicating the importance of the physical and cardiovascular training appropriated to this mode. The weight loss was not significant when considering the group, but consistent losses observed individually. Further studies are needed to monitor the heart recovery time, determine whether the observed changes are accompanied by myocardial injury and identify their possible long-term consequences.

Keywords: Equine, echocardiography, electrocardiography, exercise physiology, cardiac function, polo.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O polo equestre é uma modalidade praticada em 30 países (POSNER, 2004). A partida tem lugar ao ar livre e é jogado por duas equipes de quatro jogadores, onde o jogo é composto por seis períodos (*chukkers*) de sete minutos em um campo de grama de 275 x180m. O objetivo do jogo é o gol e para isso os animais são estimulados a correrem em diversas velocidades, intercaladas por momentos de pequena pausa e mudança de direção, tornando o polo um exercício de demanda física mista.

O exercício físico resulta em diversas mudanças no sistema cardiovascular de equinos. A capacidade e o bom funcionamento do coração são essenciais para manter o desempenho atlético destes animais e suas adaptações são responsáveis pela grande habilidade atlética. Em decorrente de sua grande reserva cardiovascular, anormalidades subclínicas podem não ser óbvias em repouso, entretanto o exercício pode induzir problemas como arritmias e movimentação anormal de parede (MARR; BOWEN, 2010).

Muitos estudos têm avaliado as respostas cardíaca aguda de equinos submetidos ao exercício sob diferentes modalidades equestres, como: corrida, adestramento, salto e enduro (BARBESGAARD et al., 2010; BUHL et al., 2010; EVANS, 1994; LEETMAA et al., 2008; MIDDELTON et al., 2006; SHAVE et al., 2008; WELSH et al., 2005; YOUNG, 2003). Estes estudos permitiram avaliar a influência de anormalidades cardíacas, assim como os efeitos deletérios do esforço frente à função cardíaca. Foram demonstradas evidências ecocardiográficas de disfunção cardíaca, alterações eletrocardiográficas incluindo arritmias, e fadiga cardíaca induzida pelo exercício, que consiste na redução aguda e significativa de uma ou ambas as funções diastólicas e sistólicas do ventrículo esquerdo após o exercício.

A literatura é escassa no que se refere à resposta cardíaca mediada pelo esforço físico intenso exercido por cavalos em competições de polo. Entre os poucos estudos realizados, o de Marlin e Allen (1999) permitiu comprovar que o esforço físico durante um *Chukker* demanda alta atividade cardíaca, sendo que durante dois minutos, de um total de dez, os animais trabalharam acima de 80% do volume de oxigênio máximo ($VO_{2máx}$) e frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) e mais de quatro

minutos entre 50 e 80% do $VO_{2m\acute{a}x}$. Outro estudo relevante referente a esta modalidade foi realizado por Ferraz et al. (2010) e indicou que os cavalos participantes de uma partida treino, considerado alto handicap, foram submetidos a um esforço de alta intensidade com alterações transitórias significantes nos eletrólitos e equilíbrio ácido-base. Neste aspecto, Holbrook et al. (2006) afirmaram que alterações metabólicas sistêmicas podem, direta ou indiretamente, acarretar alterações da função cardiovascular comprometendo a integridade miocárdica.

O conhecimento da demanda fisiológica cardíaca de equinos atletas, incluindo suas adaptações crônicas e agudas é de suma importância, pois permite ao veterinário especialista monitorá-los fisicamente sabendo diferenciar respostas fisiológicas de condições patológicas que podem desqualificar ou até colocar em risco a vida destes animais. Além disso, conhecer os parâmetros de um bom condicionamento cardíaco é necessário para determinação de animais aptos a realizarem o nível de exercício exigido, também permite montar programas de treinamento adequados garantindo que os animais alcancem um nível suficiente de condicionamento, reduzindo o risco de esforço excessivo e lesão, conseguindo melhora no desempenho em relação ao potencial genético individual.

Por tudo citado acima, os objetivos deste estudo foram o de identificar e avaliar por meio do ecocardiograma e do eletrocardiograma as alterações cardíacas após exercício de polo em equinos, e ainda, o potencial arritmogênico e o papel da fadiga cardíaca induzida por exercício em cavalos de polo saudáveis.

REFERENCIAL TEÓRICO

1. Respostas e adaptações cardíacas do equino atleta

O termo “coração atleta” vem sendo empregado para descrever as adaptações morfológicas e funcionais sofridas pelo coração de atletas humanos que realizam exercícios repetitivos e extenuantes. Entre estas modificações verificam-se o aumento do tamanho da câmara do ventrículo esquerdo, o aumento da espessura da parede ventricular e o aumento da massa do coração como um todo (BABETTE et al., 2000). Em atletas humanos, Wilmore e Costill (1994) observaram que o treinamento físico causa efeitos significativos nos índices cardíacos de acordo com a modalidade praticada.

Há relatos de que cavalos clinicamente sadios tiveram o ventrículo esquerdo e suas funções avaliadas ecocardiograficamente para determinação do efeito do exercício, e também foi concluído existir variação no tamanho da câmara ventricular em função do treinamento (MARR, 1999; RUECA, et al., 1999). Além disso, foi relatado por Young (1999) que o treinamento de corrida aumentou a espessura de parede e da massa do ventrículo esquerdo como um todo. E ainda, para Buhl et al. (2004) a contratilidade ventricular esquerda em repouso, avaliada através da fração de encurtamento, diminuiu após seis meses de treinamento em equinos jovens. Desta forma Young (2003) e Young et al. (2005) concluíram existir uma relação positiva entre o tamanho do ventrículo esquerdo, função sistólica, e o progresso do desempenho atlético em cavalos de corrida.

1.1 Regulação

Diversas respostas são observadas durante o exercício. Entre elas existem a regulada pelo SNC, onde o hipotálamo se integra as respostas vegetativas mediante reflexos simpáticos e parassimpáticos que chegam aos centros localizados na medula oblonga e na medula espinhal em forma de frequência de estímulos, e cujos órgãos efetores são o coração e os vasos sanguíneos. De outra forma tem-se a mediada por mecanismos hormonais e humorais, estes circulam no sangue e também atuam sobre os componentes do sistema vascular sanguíneo. A originada por fatores locais cuja produção, pelo metabolismo do tecido, faz com que mudem os valores constantes de determinadas substância e estas mudanças produzam modificações no sistema circulatório. Tem-se ainda a resposta hemodinâmica onde se engloba aquelas modificações e variações nos valores físicos e leis que regem e compete a dinâmica dos fluidos. Como principal exemplo pode-se mencionar o rápido aumento do retorno venoso que se produz como consequência do incremento do tônus simpático atuante sobre as veias (BOFFI, 2007).

Entre as mudanças funcionais observadas no sistema vascular sanguíneo antes e depois do exercício, observam-se aqueles que desencadeiam uma resposta previa por ação ativadora do córtex motor que aumenta o tônus do sistema nervoso simpático. Este, por sua vez, inicia a resposta cardiovascular ao exercício, resultando em um aumento, em nível cardíaco, nas funções das quatro propriedades

clássicas (cronotropismo, inotropismo, batmotropismo e dromotropismo); em nível circulatório aumentando a pressão arterial e o fluxo sanguíneo (BOFFI, 2007).

1.2 Frequência Cardíaca

A frequência cardíaca (FC) do equino em repouso varia entre 28-45 batimentos por minuto (bpm) podendo aumentar rapidamente a níveis superiores a 100 bpm por excitação, medo, dor ou processos antecedentes ao exercício, como o aquecimento (BOFFI, 2007). Inicialmente o aumento da FC deve-se ao aumento da temperatura corporal, assim como a força de contração do miocárdio, que se dá em resposta ao aumento da permeabilidade da membrana muscular para os íons e a aceleração do metabolismo cardíaco (GUYTON; HALL, 2006)

Ao passo e ao trote, até uma velocidade de 3,5 m/s, a média de tempo em alcançar os 100 bpm é de 2-3 minutos (BOFFI, 2007). No início do exercício, em velocidades baixas de corrida, os batimentos cardíacos aumentam rapidamente de aproximadamente 30 bpm, em repouso, a 110 bpm por bloqueio do componente parassimpático do sistema nervoso autônomo. Em velocidades altas, o aumento na frequência cardíaca ocorre de forma mais lenta e são comandados pelo sistema nervoso simpático e catecolaminas (HINCHCLIFF et al., 2008). A FC no início do trote e no cânter pode ser incerta, necessitando de 4-5 minutos para alcançar níveis estáveis. Isto pode ocorrer em reflexo à excitação, ou ainda, é relatado um fenômeno fisiológico em cavalos onde a FC aumenta rapidamente no início do exercício, e após esta fase de *overshoot* diminui durante alguns minutos. Mudanças rápidas no volume sanguíneo podem contribuir para instabilidade da FC neste período inicial de exercício (EVANS, 2009).

Para todos os cavalos existe uma velocidade de trabalho que não resulta em aumento da FC, atingindo um platô, ou seja, a FC neste ponto se mantém independentemente do aumento da velocidade que o animal é submetido, esta FC se denomina FC máxima ($FC_{máx}$). A $FC_{máx}$ em cavalos geralmente varia entre 195-240 bpm sendo própria de cada indivíduo e não influenciada pelo treinamento (EVANS, 2009), portanto a $FC_{máx}$ não é considerada uma mensuração importante do condicionamento físico (HINCHCLIFF et al., 2008). Entretanto, em cavalos de corrida, os que atingem a $FC_{máx}$ em velocidades mais altas apresentam desempenho atlético superior (EVANS, 2009).

Se a FC não alcança o máximo, a FC mais alta registrada se chama FC submáxima (BOFFI, 2007). A velocidade com que o cavalo pode alcançar ou manter a FC submáxima de 140, 170 ou 200 bpm (i.e. V_{140} , V_{170} e V_{200}) permite obter informações sobre o volume sistólico e capacidade cardiovascular, o que se refere diretamente sobre o treinamento e o potencial atlético (EVANS, 1994). Existe uma relação linear entre FC submáxima e velocidade durante o exercício, sendo este padrão comum a todos os cavalos. Contudo, em alguns indivíduos, a FC durante o trote ou cânter leve, pode variar muito dependendo da idade, do condicionamento físico e da saúde deste animal. Alguns fatores podem influenciar a FC durante o exercício submáximo, como o desenvolvimento de claudicação, dor muscular, infecção respiratória ou qualquer outra injúria, podem numa mesma velocidade aumentar a FC. Da mesma forma, se o cavalo interromper o treinamento, a perda de condicionamento físico durante esta fase pode se refletir em taxas mais elevadas de FC durante o exercício leve (EVANS, 2009).

Após o exercício, a FC diminui rapidamente no primeiro minuto, e depois continua reduzindo de forma mais lenta (EVANS, 2009). Desta forma, na recuperação pós-exercício, a curva de decréscimo da FC consta de uma primeira etapa com uma duração aproximada de um minuto onde o decréscimo é bem pronunciado, já que a FC pode cair até valores próximos a 50% dos alcançados durante o exercício. À continuação aparece a segunda etapa que se caracteriza pelo descenso lento que alcança valores basais a 25-30 minutos em condições normais. Por outro lado, este tempo de recuperação se encontra condicionado a: 1) nível de treinamento; 2) fatores ambientais como temperatura e umidade; 3) mudanças decrescentes da marcha e 4) adaptação termorregulatória (BOFFI, 2007).

A FC pós-exercício pode ser usada como guia de superaquecimento quando há recuperação inadequada da mesma (EVANS, 2009). Desta maneira Naylor et al. (1993) afirmaram que a desidratação levou a recuperação mais lenta dos batimentos cardíacos.

Um cavalo treinado deve ser capaz de tomar uma determinada velocidade a uma FC inferior a que era alcançada antes do treinamento começar e a recuperação pós-exercício deve ser mais rápida. Faz-se difícil determinar o nível de treinamento somente com a FC, mas é muito útil se associada a outros parâmetros como a velocidade e duração do exercício (BOFFI, 2007).

A FC de equinos adultos treinados é significativamente menor do que em animais destreinados com dois anos de idade ou mais jovens. Equinos de enduro com baixo desempenho apresentam FC, após o exercício, maior do que com os de melhor desempenho, indicando que o treinamento adequado está diretamente ligado ao desempenho cardíaco (BUHL et al., 2004; HODGSON; ROSE, 1994; MARR, 1999).

1.3 Débito Cardíaco

O débito cardíaco (DC) é definido como o volume de sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo ou direito e usualmente expressado em litros por minutos (BOFFI, 2007; HINCHCLIFF, et al., 2008). O DC é a mais importante variável que aumenta a oferta de oxigênio para a musculatura durante o exercício e o fator determinante do volume de oxigênio máximo ($VO_{2máx}$) (EVANS, 1994; YOUNG et al., 2002). Em um cavalo de 500kg o DC em repouso é de aproximadamente 30 L/min enquanto que durante o exercício este valor pode atingir 240 a 450 L/min em um animal bem condicionado (HINCHCLIFF, et al., 2008).

A elevação na pré-carga, que leva ao aumento no DC, ocorre em diversas condições, incluindo aquelas associadas ao maior retorno venoso, menor resistência vascular periférica, situações estas que são respostas à anemia, febre, gestação e exercício (MARR, 1999).

O DC aumenta até dez vezes durante o exercício já que são aumentadas as duas variáveis da fórmula que o compõe, a FC e o VS. Esta mudança tem como principal objetivo aumentar a oferta de oxigênio para os músculos e remover os produtos finais do seu metabolismo, tanto aeróbios como anaeróbios. Entretanto, este aumento no fluxo está diretamente relacionado com a intensidade do exercício (BOFFI, 2007).

Durante o exercício submáximo, o DC aumenta linearmente com a velocidade de corrida e também com o volume de oxigênio (VO_2) (BAYLY et al., 1983; THOMAS et al., 1983). Segundo Evans (2009), o VO_2 aumenta até 37 vezes e o aumento do DC participa em 2/3 deste incremento. Este aumento deve-se à combinação com a policitemia induzida pelo baço e, ainda, devido ao incremento da FC, com uma menor contribuição do volume sistólico elevado (HINCHCLIFF et al., 2008).

Young (2009) afirmou que o treinamento para enduro, por longo período, causa aumento do DC, com elevação da carga diastólica e estímulo para o aumento

da câmara cardíaca. De outra forma, Naylor et al. (1993) observou que em cavalos que sofreram desidratação durante a competição, apresentaram o DC reduzido assim como a recuperação da FC tornou-se mais lenta.

1.4 Volume Sistólico

Em cada sístole, o coração ejeta um volume variável de sangue, definido como volume sistólico (VS). Este termo é dependente de três variáveis fundamentais: a pré-carga, que determina o comprimento da fibra muscular no início da contração; a contratilidade do miocárdio e a pós-carga, definida como resistência oferecida à ejeção ventricular (ALOAN, 1996; GUYTON; HALL, 2006). Da mesma forma, Boffi (2007) afirmou que o VS se relaciona com o inotropismo, ou seja, com a força de contração cardíaca e estímulo simpático direto.

Sabe-se que o treinamento gera uma adaptação que aumenta o fluxo de sangue até os músculos em atividade (BOFFI, 2007). Este aumento é de aproximadamente 800-900 mL (2-2,25mL/kg) em repouso para 1,7 L (3,8 mL/kg) durante o exercício máximo em cavalos PSI treinados, ou seja, cerca de 20-50% de aumento desde o estado de repouso ao exercício submáximo e/ou máximo, valores que coincidem com diversos autores (THOMQW; FREGIN, 1981; THORNTON et al., 1983). Da mesma forma, no início do exercício, ocorre um aumento súbito ao redor de 40% do $VO_{2máx}$, em consequência do aumento do volume sanguíneo, retorno venoso, e pressão de enchimento de acordo com o mecanismo de Frank-Starling (EVANS; ROSE, 1998; STEPHENSON, 2002).

A principal adaptação cardíaca ao exercício encontra-se no incremento do VS. Para Boffi et al. (2003) tem-se um aumento de 10% no VS logo após dez semanas de treinamento, a uma velocidade de 12 km/h. Apesar desta melhora os cavalos não apresentaram modificações no DC já que reduziram sua FC como consequência do treinamento realizado. Pereira (2006) observou que após um período de treinamento físico de resistência aeróbia o volume diastólico final apresentou-se aumentado quando em repouso e esse comportamento é o fator determinante do maior volume sistólico em repouso nesses indivíduos. Essas evidências mostram que o coração do indivíduo treinado tem capacidade para receber um maior volume de sangue para ser ejetao durante o exercício físico.

Sendo assim, de acordo com Boffi (2007), o VS pode aumentar até 50% em relação aos valores obtidos antes do exercício, mas o maior incremento ocorre no momento em que o animal passa do estado de repouso para o passo e o trote, sem um grande aumento na passagem do trote para o galope. Também pode acontecer no exercício máximo, onde altas frequências cardíacas podem limitar o volume da descarga sistólica, fazendo mais rápido o ciclo cardíaco e encurtando o tempo de preenchimento ventricular. Quando o cavalo alcança o esforço máximo e continua correndo após atingir o $VO_{2máx}$, aparecem os sinais de fadiga e é o momento em que a relação $VS/VO_{2máx}$ perde sua correlação positiva e a curva decresce rapidamente (BOFFI et al., 2003).

1.5 Fração de Ejeção e Fração de Encurtamento

Na avaliação da função sistólica do ventrículo esquerdo, a fração de ejeção (FEj%) e a fração de encurtamento (FE%) são, clinicamente, as dimensões mais usadas em equinos (NYLAND; MATTOOM, 2002; PATTESON et al., 1995). O método mais comum para avaliação dessa função é pela obtenção dos índices da fase de ejeção ventricular, que representam o desempenho ventricular esquerdo de um modo global (NYLAND; MATTOOM, 2002).

A FEj% é uma medida da porcentagem de volume ejetado no final da sístole em cada batimento cardíaco e o seu cálculo pode ser feito após a determinação ecocardiográfica do volume ventricular esquerdo (NYLAND; MATTOOM, 2002; REEF, 1998). De acordo com Rueca et al. (1999), que analisaram o comportamento ventricular de equinos de três anos treinados por 100 dias através da ecocardiografia, foi possível fazer uma associação entre as mensurações ventriculares e os animais mais velozes, permitindo concluir que estes possuíam maior adaptação ventricular e capacidade de ejeção, confirmando a importância da avaliação do índice anteriormente citado.

A fração de encurtamento sistólica (FE%) é um índice que retrata a porcentagem de encurtamento do diâmetro do ventrículo esquerdo durante a sístole (CESAR, 2007). Segundo Marr (1999) é o índice cardíaco mais usado e confiável na avaliação da função ventricular em resposta ao exercício. A pré-carga, pós-carga, e a contratilidade são fatores que de forma individual ou em conjunto podem afetar a FE%. Assim, quando o valor obtido for baixo, pode ser em resposta secundária à

baixa pré-carga, alta pós-carga ou contratilidade reduzida (BOON, 1998). Na vasodilatação periférica, há melhor ejeção de sangue e permite maior encurtamento fracionado, embora não ocorra alteração na contratilidade intrínseca do miocárdio (GUYTON; HALL, 2006; YOUNG, 2006).

De acordo com Buhl et al. (2004), a contratilidade ventricular esquerda em repouso foi avaliada pela fração de encurtamento e diminuiu ao longo de seis meses de treinamento de equinos jovens. Em desacordo com estes autores, para Marr (1999), a resposta do miocárdio, obtida por meio de exames ecocardiográficos em equinos treinados, foi o aumento nas espessuras de septo interventricular e parede livre do ventrículo esquerdo e o aumento na FE%. Em cavalos de enduro foi relatada a redução da FE% após o exercício (BERTONE et al., 1987). A função da pressão sanguínea arterial teria ajudado a determinar a influência da redução da FE% imediatamente após o exercício em condições quente e úmidas (MARR et al., 1999). Segundo Douglas et al. (1987), após 24-48h do exercício, as alterações de movimentação de parede e FS% retornam a normalidade, sugerindo que esses efeitos são transitórios durante o exercício.

Por fim, Kalliokoski et al. (2004) concluíram que são sinais de fadiga cardíaca em maratonistas, alterações leves nos parâmetros de função ventricular esquerda como diminuição do DVEd, Volume de ejeção, FEj% e FE%.

1.6 Incremento da massa cardíaca

Sabe-se que o treinamento que resulta em período prolongado de alta atividade cardíaca, como em treinos de longa duração, produz aumento da carga diastólica e estimula o aumento compensatório do tamanho da câmara cardíaca diastólica (GILBERT et al., 1997). Da mesma forma, para Wilmore e Costill (1994), o aumento da espessura de parede do VE é uma adaptação associada à potência da atividade exercida por atletas humanos, como em esportes de curta explosão.

A pré-carga é a força de distensão do miocárdio e é dependente da quantidade de sangue que distende o VE no final da diástole. O mecanismo de Frank-Starling menciona que quanto maior a distensão, maior a força de contração. Aumentos nos volumes diastólicos no VE, com todos os outros fatores constantes, iriam, então, aumentar a função sistólica ventricular (BOON, 1998; CESAR, 2007).

De acordo com Ribeiro Filho et al. (2000) e Young (2006), o aumento na pré-carga cardíaca estimula o crescimento de miofibrilas e o aumento na pós-carga estimula a hipertrofia do miocárdio. A hipertrofia ventricular pode ser classificada de acordo com a produção de miofibrilas, que são adicionadas á musculatura e podem causar tanto o aumento do volume da câmara quanto da espessura das paredes (PEREIRA, 2006).

Grossman et al. (1975) caracterizaram o mecanismo de hipertrofia ventricular em humanos. Os autores definiram dois tipos de resposta adaptativa de acordo com o padrão de miofibrilas. Estas foram classificadas baseadas no resultado produzido, seja em séries promovendo um aumento do volume da câmara ou em paralelo causando aumento de espessura de parede. Foi sugerida a hipótese de que o aumento da pré-carga fornece estímulos para o crescimento em série, enquanto que o aumento da pós-carga estimula o crescimento de fibras paralelas causando hipertrofia. Em ambos os casos a resposta adaptativa ocorreu para normalizar o estresse nas fibras da parede de acordo com a lei de La Place (COLAN, 1992)

Como mencionado anteriormente, em relação à função ventricular diastólica, observou-se que após um período de treinamento físico de resistência aeróbia, o volume diastólico final apresenta-se aumentado quando em repouso e esse comportamento é o fator determinante do maior volume sistólico em repouso nesses animais (PEREIRA, 2006).

Apesar do fato de que o indivíduo submetido a um programa regular de treinamento físico de resistência aeróbia apresenta anatomicamente hipertrofia miocárdica, essa hipertrofia é interpretada como um mecanismo fisiológico compensatório para o aumento no diâmetro da cavidade ventricular provocada pelo treinamento físico, para que a tensão ventricular seja mantida em níveis fisiológicos adequados (FORJAZ, 2005).

A partir destes dados, Young et al. (2005) relataram que os cavalos de corrida adaptados ao treinamento apresentaram aumento de espessura de parede e diâmetro de câmara cardíaca. Corroborando com os achados de Young (1999), onde também se demonstrou que o treinamento de corrida resultou em um aumento na média de espessura de parede do VE, na massa do VE e no diâmetro do VE em diástole. Em conclusão, a massa, o aumento de tamanho e a espessura de parede do VE estão associados com a alta capacidade aeróbia nos cavalos PSI (YOUNG et al., 2002).

Em cavalos de enduro, Michima et al. (2004) observaram uma tendência destes animais apresentarem maior aumento do VE, na forma de hipertrofia excêntrica, do que os cavalos de corrida, correlacionando este fato com o maior aumento dos valores do DIVE e espessura de parede livre tanto em sístole como em diástole.

1.7 Redistribuição Sanguínea

O músculo esquelético possui uma capacidade energética muito alta que supera a capacidade dos sistemas respiratório e cardiovascular de lhe oferecer oxigênio. Sob várias condições, o $VO_{2máx}$ é considerado o fator limitante já que a enzima mitocondrial oxidativa do músculo, capaz de utilizar oxigênio (O_2), é superior ao do sistema cardiorrespiratório de oferecer o mesmo (HINCHCLIFF et al., 2008).

A oferta de O_2 depende não somente do débito cardíaco como também do conteúdo de O_2 arterial. O baço do equino torna-se de grande importância para determinação da concentração de hemoglobina durante exercício intenso. Desta forma, segundo Persson et al. (1973) e Persson e Bergsten (1975) a contração esplênica pode despejar 12 litros ou mais de células vermelhas para dentro da circulação, sendo que a reserva esplênica está correlacionada com o peso do baço e o volume sanguíneo total, mas não da massa corporal em si (HANSON, 1993; PERSSON et al., 1973; PERSSON; BERGSTEN, 1975). Cavalos de corrida têm uma massa esplênica significativamente maior do que outras raças que não de corrida (KLINE; FOREMAN, 1991)

Em cavalos PSI, o total de volume de sangue é semelhante a 10% da massa corporal (ALTMAN; DILTTMER, 1974; PERSSON, 1967), isto é aproximadamente 50 L de sangue, dos quais 75% reside na circulação sistêmica, destes 60% está altamente distribuído no sistema venoso e somente 15% nas artérias. Dependendo da atividade realizada, isto é digestão, estresse térmico ou exercício, o sistema cardiovascular redistribui o débito cardíaco para os órgãos adequadamente (HINCHCLIFF et al., 2008).

O exercício físico produz o mais profundo estresse fisiológico no cavalo, a porcentagem do débito cardíaco que perfunde a região visceral e os rins é reduzida de aproximadamente 50% a somente 5% durante o exercício máximo. Em contraste,

a musculatura esquelética em atividade pode receber 80 - 90% do débito cardíaco comparado com 10 - 20% em repouso (HINCHCLIFF et al., 2008).

O controle flexível e preciso sobre a distribuição do fluxo sanguíneo exige uma poderosa rede de arteríolas musculares que fornecem a principal resistência ao fluxo sanguíneo da circulação sistêmica o qual pode dilatar ou contrair rapidamente em resposta a efeitos vasoativos dos metabólitos musculares, prostaciclina e óxido nítrico (dilatação) ou estimulação simpática, angiotensina e endotelina (constricção) (HINCHCLIFF et al., 2008).

Do repouso ao exercício máximo, o fluxo sanguíneo da musculatura esquelética pode aumentar 60 – 70 vezes. Apesar da pressão de perfusão aumentar substancialmente a elevada condutância vascular (dilatação) da musculatura constitui o mecanismo primário pelo qual o aumento do fluxo sanguíneo muscular é alcançado (HINCHCLIFF et al., 2008).

1.8 Eletrocardiograma

Uma série de alterações no eletrocardiograma pode ser encontrada em indivíduos treinados. Podem ser representadas desde modificações na FC, no ritmo cardíaco e no sistema de condução, até por alterações na despolarização e repolarização ventricular. Grande parte dessas modificações é interpretada como ajustes cardíacos fisiológicos que ocorrem em consequência do treinamento físico regular, caracterizados pela hipertrofia ventricular, aumento do tônus vagal e redução do tônus simpático e, até mesmo, por alterações das células de marca-passo do nó sinusal (NEGRÃO; BARRETO, 2010).

Nos equinos existe uma notável influência do sistema neurovegetativo ou autônomo sobre o coração. Os efeitos vagotônicos sobre o coração se manifestam com bradicardia sinusal respiratória, marca-passo mutável e bloqueios atrioventriculares de primeiro e segundo grau. Em contraposição, os efeitos simpáticos produzem taquicardia (BOFFI, 2007).

A bradicardia sinusal é definida como FC abaixo do intervalo de referência com o segmento PR do eletrocardiograma (ECG) constate. Em indivíduos humanos treinados, é a alteração de FC mais facilmente encontrada durante o repouso e fortemente associada ao nível de treinamento (NEGRÃO; BARRETO, 2010). Para equinos, acredita-se que a FC não muda em repouso após o treinamento, embora se

observem FC em repouso mais baixas em cavalos de resistência após treinamento (SWENSON; REECE, 1996).

No cavalo em repouso, a FC é relativamente baixa e podem ocorrer irregularidades normais do ritmo. As irregularidades quase sempre desaparecem quando a FC aumenta, de tal modo que o desempenho não fica prejudicado. Entretanto, a persistência de arritmias em FC altas durante ou imediatamente após o exercício justifica um prognóstico reservado, pois a eficiência circulatória é da maior importância nessas ocasiões (SWENSON; REECE, 1996).

Os bloqueios atrioventriculares (BAV) são distúrbios da condução do impulso elétrico que ocorrem entre a despolarização atrial e a despolarização ventricular, isto é, entre a onda P e o complexo QRS (NEGRÃO; BARRETO, 2010). O BAV de primeiro grau é uma alteração de condução benigna, com intervalo PR aumentado e constante (SWENSON; REECE, 1996). Já o bloqueio atrioventricular (BAV) de segundo grau é a irregularidade rítmica mais comum observada em cavalos em repouso (SWENSON; REECE, 1996). É um distúrbio da condução do impulso elétrico caracterizado pela presença de ondas de ativação atrial bloqueadas, isto é, sem as ondas de ativação ventricular correspondentes. Em muitos animais o BAV de segundo grau em repouso desaparece com o exercício e não reaparece até a FC se aproximar de novo de um valor de repouso. A natureza transitória desta arritmia sugere que pode ser uma manifestação de excessiva ação vagal associada ao início de retardamento da FC, uma vez que a influência vagal pode explicar a frequência de BAV parcial em cavalos com FC baixas em repouso. Não se sabe se o BAV de segundo grau tem uma base fisiológica ou patológica. Mesmo sendo a arritmia mais comum no cavalo, provavelmente tem pouca importância clínica. Alguns, entretanto, consideram-na como uma condição que pode prejudicar o desempenho atlético. Observam-se alterações patológicas acentuadas no miocárdio de alguns cavalos com BAV de segundo grau. Esta condição pode ser melhorada com atropina ou exercício (SWENSON; REECE, 1996).

Complexo ventricular prematuro (CVP) caracteriza-se no ECG pela ocorrência precoce de um complexo QRS, o qual apresenta forma bizarra e duração maior do que aquela observada no complexo QRS dominante. Sua importância varia de acordo com a presença ou ausência de doença cardíaca de base. Apesar da escassez de estudos randomizados com populações de atletas, acredita-se que na ausência de doença cardíaca associada, complexos parecem não ter qualquer

influência na sobrevivência ou na limitação de atividades dos indivíduos não atletas. Entretanto, deve-se ter em mente que CVP podem ser a única manifestação e indício inicial de doença arritmogênica ocultas, com risco de morte súbita, requerendo sempre avaliação clínica cuidadosa. Atletas humanos sem doença cardíaca estrutural, com CVP em repouso e durante o exercício não são impedidos de participarem de competições esportivas. Entretanto, se há aumento desses complexos durante o exercício ou teste de esforço, suficientes para causar sintomas como fadiga, alteração da consciência ou dispneia, apenas modalidades esportivas que se caracterizem por baixa intensidade são permitidas (NEGRÃO; BARRETO, 2010).

O exercício tem efeitos mínimos no complexo QRS. Entretanto, a medida do intervalo QRS é utilizada para determinar o tamanho do coração em cavalos definindo-se o escore cardíaco. Os intervalos PR e QT diminuem durante e logo após o exercício, e as ondas P se sobrepõem às ondas T que as precedem. As ondas T também podem ter amplitude (isto está relacionado a um nível de potássio aumentado) e polaridade alterada durante o exercício. Durante a recuperação do exercício, podem ocorrer batimentos ventriculares prematuros ou arritmia sinusal (SWENSON; REECE, 1996; BOFFI, 2007). O desnivelamento do segmento ST pode indicar hipóxia do miocárdio e/ou alterações nas concentrações de potássio e pH (BOFFI, 2007).

As alterações na onda T relacionada ao esforço físico são ainda contraditórias. Alguns estudos sugerem que as anormalidades da onda T estão diretamente relacionadas ao nível de exercício, outros associam ao baixo rendimento esportivo e outros, por sua vez, não encontram nenhuma associação entre anormalidades na onda T e performance (BOFFI, 2007).

2. Exercício físico e o estresse fisiológico

O estresse, desde o ponto de vista fisiológico pode ser definido como uma resposta a situações presentes a cada dia, sendo que este desencadeia uma resposta do sistema nervoso autônomo, mais precisamente do simpático. O sistema simpático gera um estímulo sobre a região medular da adrenal que por sua vez libera catecolaminas como a adrenalina e noradrenalina, enquanto que a região cortical da adrenal secreta glicocorticóides como o cortisol. Para Boffi (2007), no

exercício, o aumento das concentrações destes hormônios se encontra diretamente relacionada com a intensidade do mesmo. Nagata et al. (1999) relataram que as concentrações basais de adrenalina e noradrenalina durante o exercício intenso aumentou mais de 20 vezes. Da mesma forma, durante o exercício Foreman et al. (1996) observaram um incremento da concentração plasmática de cortisol, sendo que este aumento dependeu da intensidade do exercício, nível de treinamento individual e experiência competitiva.

Não existem estresses a que o corpo seja exposto que sequer se aproximem dos enormes esforços do exercício intenso. Com efeito, se alguns dos extremos de exercício prosseguissem por períodos de tempo até ligeiramente prolongados, eles poderiam facilmente ser letais. Para se dar um exemplo simples, na medicina humana é relatado que uma pessoa com febre extremamente alta, alcançando níveis quase letais, o metabolismo corporal aumenta 100%, já durante um exercício de maratona o metabolismo corporal pode aumentar até 2000% acima do normal (GUYTON; HALL, 2006).

Atletas humanos de elite estão permanentemente monitorados fisicamente e psicologicamente de forma quase que imprescindível. Para equinos, não é possível receber uma resposta direta de quão confortável ou não estão perante o treinamento pelo qual são submetidos, e não é possível trabalhar o aspecto psíquico destes indivíduos. Entretanto, os cavalos de esporte, como qualquer atleta de alto rendimento, estão permanentemente expostos a situações estressantes, já que o próprio exercício é um fator de estresse. Sabe-se que a finalidade do treinamento é retardar o aparecimento da fadiga, sendo que, para alcançar este objetivo os cavalos são submetidos quase que diariamente a níveis elevados de estresse físico. Além disso, o manejo pelo qual são submetidos à maioria dos cavalos durante sua vida esportiva, gera graus variáveis de estresse devido a que, na maioria dos casos, as rotinas implantadas são mais funcionais ao homem do que ao cavalo (BOFFI, 2007).

Outros fatores de estresse observado em cavalos atletas são aqueles relacionados a esportes de resistência como: depleção de substratos energéticos, desidratação e hipertermia, e aqueles relacionados a esportes de velocidade como: depleção de substratos energéticos, queda do pH intracelular e acúmulo de lactato (BOFFI, 2007).

3. Exercício físico e estresse cardiovascular

Durante exercício vigoroso, as necessidades metabólicas musculares aumentam intensamente, desta forma, a capacidade do coração de bombear sangue suficiente para atender as novas exigências do cavalo em exercício e proporcionar uma redistribuição efetiva do sangue para a musculatura esquelética em funcionamento é essencial para manter o desempenho atlético desses animais (SWENSON; REECE, 1996). Para suprir a nova demanda, o coração se ajusta aos requeridos aumentos nas atividades metabólicas e mecânicas, resultando em adaptações bioquímicas, elétricas, morfológicas e mecânicas do músculo cardíaco que, em conjunto, proporcionam uma melhora em sua função (BLOMOVIST; SALTIN, 1983). Estas adaptações reduzem o estresse sobre as paredes ventriculares (GROSSMAN et al., 1975) e, ao mesmo tempo, atendem à maior demanda de suprimento sanguíneo, permitindo ao animal atingir o desempenho máximo (NATALI, 2004).

O papel do coração na definição da performance atlética tem sido tema de especulações e interesse na medicina esportiva humana e equina. Estudos têm demonstrado associações positivas entre morfologia, função cardíaca e desempenho atlético em cavalos de corrida (YOUNG, 2003; YOUNG et al., 2005). Por outro lado, segundo Dávila-Román et al. (1997) e Rifai et al. (1999), o estresse cardíaco causado pelo exercício pode influenciar a função cardíaca. Desta forma, para Michima (2007), como o exercício prolongado aumenta a carga de trabalho cardíaco ele pode também causar algum grau de lesão miocárdica em cavalos e os comprometimentos metabólicos podem agravar o quadro.

Estudos realizados em humanos (NEILAN et al., 2006) e equinos (YOUNG, 2003), que executaram exercício prolongado, revelaram evidências ecocardiográficas de disfunção cardíaca, sendo que este risco foi maior em atletas com baixo nível de treinamento. Assim, para alguns autores (DOUGLAS et al., 1987; WELSH et al., 2005) o exercício prolongado extenuante tem sido associado com alteração transitória do ventrículo esquerdo e foi denominado “fadiga cardíaca”.

Evans (1994) sugeriu que a avaliação eletrocardiográfica, sob efeito de exercício específico, permitiu avaliar a influência de anomalias cardíacas, assim como os efeitos deletérios do esforço realizado frente à função cardíaca. Babusci e López (2006) comentaram que em cavalos desidratados e com transtornos

eletrolíticos graves, ocorreram alterações no potencial de membrana, e estes sofreram taquicardias ventriculares com influência direta no desempenho atlético. Babusci e López (2006) sugeriram ainda que o exame eletrocardiográfico após o exercício poderia melhor avaliar a função cardíaca, detectando arritmias que não seriam encontradas em repouso, assim como aumento de câmaras, hipertrofias e dilatações.

4. Exercício físico e teste de esforço: eletrocardiograma e ecocardiograma

Em decorrente da grande reserva cardiovascular que os equinos possuem, anormalidades subclínicas podem não ser óbvias em repouso, entretanto o exercício pode induzir problemas como arritmias e movimentação anormal de parede (MARR; BOWEN, 2010). Embora o exame clínico durante o repouso seja apropriado e capaz de reconhecer muitas desordens clínicas que afetem a performance, os testes de esforço têm se tornado muito importantes nos últimos anos, e em particular, têm auxiliado na avaliação de alterações cardíacas dinâmicas. Portanto, o teste de esforço tem sido usado para reproduzir as condições de exercício que podem causar sinais clínicos, sendo algumas destas técnicas o eletrocardiograma durante o exercício e o ecocardiograma pré e pós-exercício (MARR; BOWEN, 2010).

O eletrocardiograma é um exame de fácil realização e baixo custo, é amplamente utilizado na prática clínica para avaliação de doenças cardiovasculares e pode ser considerados de grande utilidade para a realização da triagem inicial para os veterinários que trabalham com cavalos atletas. O monitoramento da presença de arritmias cardíacas é o benefício mais importante do ECG de esforço, pois pode detectar arritmias presentes durante o exercício que podem ter impacto no desempenho atlético ou serem potencialmente capazes de resultar em colapso ou morte (MARR; BOWEN, 2010).

A ecocardiografia permite a avaliação de uma série de alterações que fazem parte do processo de remodelamento adaptativo de corações de indivíduos submetidos a treinamento físico intenso e respostas aguda do miocárdico frente ao exercício que podem influenciar o funcionamento do coração. Embora, na sua maioria, os limites das alterações permaneçam dentro dos parâmetros de normalidade, em alguns casos esses limites são ultrapassados (NEGRÃO; BARRETO, 2010).

Conhecer as alterações eletrocardiográficas e ecocardiográficas fisiológicas, que podem estar presentes em decorrência do treinamento físico, e saber diferenciá-las de alterações que podem trazer risco à vida do equino atleta, por estarem associadas à doença cardíaca estrutural, é o desafio inicial para se evitar expor animais despreparados ao esforço físico extremo que podem levá-lo a desqualificações, lesões e até morte súbita.

OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo foram:

Identificar e avaliar, através da ecocardiografia, os efeitos morfológicos e funcionais no coração de equinos logo após exercício de polo.

Identificar e avaliar, através da eletrocardiografia os efeitos elétricos no coração de equinos logo após exercício de polo.

Determinar o papel da fadiga cardíaca induzida por exercício em equinos de polo saudáveis.

Definir o potencial arritmogênico do exercício de polo em equinos saudáveis.

Mensurar a perda de peso corporal de equinos após o exercício de polo.

REFERÊNCIAS

- ALOAN, L. **Hemodinâmica e angiocardiografia**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 1996. 424 p.
- ALTMAN, P. L.; DITTMER, D. S. **Biology data book**. 2 ed. Bethesda, 1974. 1897 p.
- BABETTE, M. P.; AEILKO, H. Z.; ARNOUD, V.L.; ERNEST, V.W. The Athlete's Heart: A meta-Analysis of Cardiac Structure and Function. **Circulation**, v.100, p. 336-344, 2000.
- BABUSCI, M; LÓPEZ, E.F. Sistema cardiovascular. In BOFFI, F.M. **Fisiologia del ejercicio en equinos**. Buenos Aires : Inter-Médica, 2007. Cap.4, p.61-85.
- BARBESGAARD, L.; BUHL, R.; MELDGAARD, C. Prevalence of exercise-associated arrhythmias in normal performing dressage horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, n.38, p. 202-207. 2010.
- BAYLY, W. M.; GABEL, A. A.; BARR, S. A. Cardiovascular effects of submaximal aerobic training on a treadmill in standarbred horse using a standardized exercise test. **American Journal Veterinary Research**, v. 44, p. 544-553, 1983.
- BERTONE, J. J.; PAULL, K. S.; WINGFIELD, W.E.; BOON, J.A. M-mode echocardiographs of endurance horses in the recovery phase of long-distance

- competition. **American Journal Veterinary Research**, v. 48, p.1708-1712, 1987.
- BOFFI, F. M. Comparación entre velocidade, frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno en equinos spc. In: CICADE – CONFERENCIA INTERNACIONAL DE CABALLOS DE DEPORTE; CESMAS – CONFERENCE ON EQUINE SPORTS MEDICINE AND SCIENCE, 2003, Curitiba: **Anais e CD-Rom...** Curitiba, 2003. p. 24.
- BOFFI, F. M. **Fisiologia del Ejercicio em Equinos**, Buenos Aires: Inter-médica, 2007. 302p.
- BOON, J. A. Evaluation of size, function and hemodynamics. In:_____. **Manual of Veterinary Echocardiography**, Baltimore: Williams & Wilkins, 1998. p.151-260.
- BUHL, R.; ERSBOLL, A. K.; ERIKSEN, L.; KOCH, J. Sources and magnitude of variation of echocardiographic measurements in normal standardbred horses. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 45, n.6, p. 505-512, 2004.
- BUHL, R.; MELDGAARD, C.; BARBESGAARD, I. Cardiac arrhythmias in clinically healthy show jumping horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, n.38, p.196 – 201. 2010.
- CESAR, Fernanda Bicudo. **Exame ecocardiográfico no equino em repouso**. São Paulo, SP, 2007. 50f. Monografia (Residência Médica em diagnóstico e cirurgia de equinos). Hospital Veterinário Jockey Club de São Paulo.
- COLAN, S. D. Mechanics of left ventricular systolic and diastolic function in physiologic hypertrophy of the athlete heart. **Cardiology Clinics**, v.10, p. 227-240, 1992.
- DÁVILA-ROMÁN, V.G.; GUEST, T.M.; TUTEUR, P.G.; ROWE, W.J.; LADENSON, J.H.; JAFFE, A.S. Transient right but not left ventricular dysfunction after strenuous exercise at high altitude. **Journal of the American College of Cardiology**, v.30, n.2, p.468-473, 1997.
- DOUGLAS, P. S.; O'TOOLE, M. L.; HILLER, W. D.; HACKNEY, K.; REICHEK, N. Cardiac fatigue after prolonged exercise. **Circulation**, v. 76, n.6, p.1206-1213, 1987.
- EVANS, D. L. The cardiovascular system: anatomy, physiology and adaptations to exercise and training. In: ROSE, R. J.; HODGSON, D. R. **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. Philadelphia: W. B. Saunders, 1994. p. 129-1144
- EVANS, D. L.; ROSE, R. J. Cardiovascular and respiratory responses to exercise in thoroughbred horses. **The Journal of Experimental Biology**, v.134, p. 397-408, 1998.
- EVANS, D. L. Cardiovascular Physiology: responses to exercise and training. In: SIMPÓSIO DE FISILOGIA DE EXERCÍCIO EM EQUINOS, 2009, 1., São Paulo: **Resumo de palestras...** São Paulo, 2009, p. 4-6.
- FERRAZ, G. C.; SOARES, O. A. B.; FOZ, N. S.; CARVALHO, M. P.; QUEIROZ-NETO, A. The workload and plasma ion concentration in a training match session of high-goal (elite) polo ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, p. 191-195. 2010.
- FOREMAN, J.H, FERLAZZO, A. Physiological responses to stress in the horse. **Pferdeheilkunde**, v. 12, p. 401-404,1996.
- FORJAZ, C. L. M. **Exercício Físico para Prevenção e Reabilitação Cardíacas**. Curso de extensão universitária, segundo semestre de 2005. Disponível em: http://www.usp.br/eef/down_ccex/down/moduloIV.doc.

- GROSSMAN, W.; JONES, D.; MCLAURIN, L. P. Wall stress and patterns of hypertrophy in the human left ventricle. **The Journal of Clinical Investigation**, v. 56, p. 56 – 64, 1975.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 1264 p.
- HANSON, C. M.; KLINE, K. H.; FOREMAN, J. H. Measurements of heart scores and heart weights in horses of two different morphic types. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.108A, p. 175-178, 1993.
- HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. **Equine Exercise Physiology: The science of exercise in the athletic horse**. London: W B Saunders, 2008. 476 p.
- HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. **The athletic horse: principles and Practice of equine sports medicine**. Philadelphia: W B Saunders, 1994. 497 p.
- HOLBROOK, T.; BIRKS, E. K.; SLEEPER, M. M.; DURANDO, M. Endurance exercise is associated with increased plasma cardiac troponin I in horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 36, p. 27-31. 2006.
- KALLIOKOSKI, K. K.; LAAKSONEN, M. S.; LOUTOLAHTI, M.; LAINE, H.; TAKALA T.O.; NUUTILA, P.; KNUUTI, J. Myocardial perfusion after marathon running. Scandinavian. **Journal of Medicine & Science in Sports**, v.14, n. 1, p. 208-214, 2004.
- KLINE, H.; FOREMAN, J.H. Heart and spleen weights as a function of breed and somatotype. **Equine Exercise Physiology**, v. 3, p.17-21, 1991.
- LEETMAA, T.H.; DAM, A.; GLINTBORG, D.; MARKENVARD, J.D. Myocardial response to a triathlon in male athletes evaluated by Doppler tissue imaging and biochemical parameters. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 18, p. 698-705. 2008.
- MARLIN, D.; ALLEN, J. Cardiovascular demands of competition on low-goal (non-elite) polo ponies. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v.31, n. 5, p. 378-82. 1999.
- MARR, C. M.; BRIGHT, J. M.; MARLIN, D. J.; HARRIS, P. A.; ROBERTS, C. A. Pré and post exercise echocardiography in horses performing treadmill exercise in cool and hot/humid conditions. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 30, p. 131-136, 1999.
- MARR, C.M.; BOWEN, I.M. **Cardiology of the horse**. 2 ed. London: Saunders, 2010. 294 p.
- MICHIMA, L. E. S.; LATORRE, S. M.; ANDRADE, A. F. C.; FERNANDES, W. R. B-mode and M-mode echocardiography of endurance horses raised in São Paulo State. Brazil. **Journal Equine Veterinary Science**, v. 24, p. 451-457, 2004.
- MICHIMA, Lilian Emy dos Santos. **Influência do exercício físico prolongado sobre a concentração sérica de troponina I cardíaca e sobre a função cardíaca em cavalos de enduro**. São Paulo, SP, 2007. 94f. Tese (Doutorado em Clínica Veterinária). Universidade de São Paulo, USP.
- MIDDELTON, N.; SHAVE, R.; , K., WHYTE G.; HART, E. Left ventricular function immediately following prolonged exercise: a meta-analysis. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, p. 681-687. 2006.
- NAGATA, S.; TAKEDA, F.; KUROSAWA, M.; MIMA, K.; HIRAGA, A.; KAI, M.; TAYA, K. Plasma adrenocorticotropin, cortisol and catecholamines response to various exercises. **Equine Veterinary Journal supplements**, v.30, p.570-574, 1999.

- NATALI, A. J. Efeitos do exercício crônico sobre os miócitos cardíacos: uma revisão das adaptações mecânicas. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 12, n. 1, p. 91-96, 2004.
- NAYLOR, J. R.; BAYLY, W. M.; GOLLNICK, P. D.; BRENGELMANN, G. L.; HODGSON, D. R. Effects of dehydration on thermoregulatory responses of horse during low-intensity exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, p. 994-1001, 1993.
- NEGRÃO, C.E.; BARRETO, A.C.P. **Cardiologia do Exercício: do Atleta ao Cardiopata**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2010. 725p.
- NEILAN, T. G.; JANUZZI, J. L.; LEE-LEWANDROWSKI, E.; TON-NU, T. T.; YOERGER, D. M.; JASSAL, D. S.; LEWANDROWSKI, K. B.; SIEGEL, A. J.; MARSHALL, J. E.; DOUGLAS, P. S.; LAWLOR, D.; PICARD, M. H.; WOOD, M. J. Among nonelite participants in the Boston marathon myocardial injury and ventricular dysfunction related to training levels. **Circulation**, v.114, p.2325-2333, 2006.
- NYLAND, T. G.; MATTOOM, J. S. **Veterinary diagnostic ultrasound**. 2 ed. Philadelphia: W B Saunders, 2002 . 357 p.
- PATTESON, M. W. Effects of sedation with detomidine hydrochloride on echocardiograph measurements of cardiac dimensions and index of cardiac function in horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 19, n. 4, p. 33-37, 1995.
- PEREIRA, D. M. **Efeito da creatina sobre as mensurações ecocardiográficas de equinos treinados em esteira rolante**. Jaboticabal, SP, 2006. 73f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, UNESP.
- PERSSON, S. G. B. On blood volume and working capacity. **Acta Veterinaria Scandinavica Supplementum**, v. 19, p. 1-189, 1967.
- PERSSON, S. G. B.; EKMAN, L.; LYDIN, G. Circulatory effects of splenectomy in the horse. II. Effect on plasma volume and total and circulating red-cell volume. **Zentralbl Veterinarmed A**, v. 20, p. 456-468, 1973.
- PERSSON, S. G. B.; BERGSTEN, G. Circulatory effects of splenectomy in the horse. IV. Effect on blood flow and blood lactate at rest and during exercise. **Zentralbl Veterinarmed A**, v. 22, p.801-807, 1975.
- POSNER, R. E. Veterinary aspects of training and competing polo ponies. In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; GEOR, R. J.; BAYLY, W. **Equine Sports Medicine and Surgery**. London: Saunders, 2004. p. 1118-1122.
- REEF, V. B. Cardiovascular ultrasonography. In:_____. **Equine diagnostic ultrasound**, London: W B Saunders, 1998. 580p.
- RIBEIRO FILHO, F. S. F. Obesidade, Hipertensão Arterial e Suas Influências Sobre a Massa e Função do Ventrículo Esquerdo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 44, n. 1, 2000.
- RIFAI, N.; DOUGLAS, P.S.; O'TOLLE, M.; RIMM, E.; GINSBURG, G.S. Cardiac troponin T and I, electrocardiographic wall motion analyses, and ejection fractions in athletes participating in the Hawaii ironman triathlon. **American Journal of Cardiology**, v.83, p.1085-1089, 1999. Disponível em: [http://www.ajconline.org/article/S0002-9149\(99\)00020-X/abstract](http://www.ajconline.org/article/S0002-9149(99)00020-X/abstract).
- RUECA, F.; CONTI, M. B.; PORCIELLO, F.; SPATERNA, A.; ANTOGNONI, M. T.; MANGILI, V.; FRUGANTI, G.; AVELLINE, G. Relationship between running speed, isoenzymes of serum creatine kinase and lactate dehydrogenase and left ventricular function in stallions. **Equine Veterinary Journal**, v. 30, p. 163-165, 1999.

- SHAVE, R.; GEORGE, K.; WHYTE, G.; HART, E.; MIDDELTON, N. Postexercise changes in left ventricular function: the evidence so far. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, p. 1393-1399, 2008.
- STEPHENSON, R. B. Cardiovascular physiology. In: CUNNINGHAM, J.G. **Textbook of veterinary physiology**. 3 ed. New York: W B Saunders, 2002. p. 109-219.
- SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 946p.
- THOMAS, D.P.; FREGEN, G.F.; GERBER, N.H.; AILES, N. B. Effects of training on cardiorespiratory function in the horse. **American Journal of Physiology**, v. 245, p. 160-165, 1983.
- THOMSON, D.P.; FREGIN, G. F. Cardiorespiratory and metabolic responses to treadmill exercise in the horse. **Journal of Applied Physiology**, v. 50, p. 864, 1981.
- THORNTON, J.; GUSTAVSSON B.; LINDHOLM, A. Effects of training and detraining on oxygen uptake, cardiac output, blood gas tensions, pH and lactate concentrations during and after exercise in the horse. In: SNOW, D.H.; PERSSON, S. G. B.; ROSE, R. J. **Equine Exercise Physiology**, Cambridge: Granta Editions, 1983. p. 470-486.
- YOUNG, L. E. Cardiac responses to training in 2-year-old thoroughbreds: An echocardiographic study. **Equine Veterinary Journal**, v. 30, p. 195-199, 1999
- YOUNG, L. E.; MARLIN, D. J.; DEATON, C. Heart size estimated by echocardiography correlates with maximal oxygen uptake. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 34, p. 467-471, 2002
- YOUNG, L. E. Equine athletes, the equine athlete's heart and Racing success. **Experimental Physiology**, v. 88, p. 306-309, 2003.
- YOUNG, L. E.; ROGERS, K.; WOOD, J. L. Left ventricular size and systolic function in thoroughbred racehorses and their relationships to race performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 99, p. 1278-1285, 2005.
- YOUNG, L. E. **The effect of athletic training on the equine heart**. Disponível em: <<http://www.ivis.org>> Acesso em: 10 out 2009.
- WELSH, R.C. et al. Prolonged strenuous exercise alters the cardiovascular response to dobutamine stimulation in male athletes. **Journal of Physiology**, v.569, n.1, p.325-330, 2005. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1113/jphysiol.2005.096412/full>.
- WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. Cardiorespiratory adaptations to training. In: _____. **Physiology of Sport and Exercise**. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1994. p. 214-238.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DE EQUINOS SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO DE POLO

INTRODUÇÃO

O conhecimento das exigências competitivas de diferentes esportes é importante para a concepção de programas de treinamento adequados. Assim, pode-se garantir que os animais alcancem um nível suficiente de condicionamento, reduzindo o risco de esforço excessivo e lesão, conseguindo melhora no desempenho em relação ao potencial genético individual. No que diz respeito à complexidade do desafio físico que cavalos de polo são submetidos, há poucas publicações sobre as demandas fisiológicas dos animais em relação a essa modalidade. Sendo que, em contrariedade a maioria dos esportes equestres, a demanda fisiológica de um jogo de polo é variável, pois se intercalam momentos de pausa, mudanças de velocidade e direção de movimentos. O jogo se realiza em um campo de grama de 275 x 180m, sendo cada partida composta por seis *chukkers*, ou seja, seis períodos de sete minutos, utilizando-se um animal diferente para cada *chukker*. (FERRAZ et al., 2010; MARLIN; ALLEN, 1999).

Um estudo realizado por Ferraz et al. (2010), indicou que os cavalos participantes de uma partida treino de polo, considerado alto handicap, foram submetidos a um esforço de alta intensidade com evidência de alterações nos eletrólitos e equilíbrio ácido-base de potencial relevância. Neste contexto, Holbrook et al. (2006) afirmaram que alterações metabólicas sistêmicas podem, direta ou indiretamente, acarretar alterações da função cardiovascular, comprometendo a integridade miocárdica.

No que diz respeito à demanda cardiovascular, Marlin e Allen (1999) observaram que, em cavalos de polo, a média máxima da frequência cardíaca atingida durante o esforço físico foi de 215 bpm. Este resultado esteve, juntamente com o observado em cavalos de corrida ((210 – 220 bpm) (EVANS, 2010), entre os mais altos alcançados entre as modalidades esportivas equestres, em contrapartida, para cavalos de salto foi documentado valores de 190 bpm (STADLER et al., 1993), para cavalos de adestramento de 154 bpm (STADLER et al., 1993) e para cavalos exercitados em esteira 163bpm (GEHLEN et al., 2005), demonstrando assim a alta exigência do sistema cardiovascular de equinos de polo.

O teste de esforço é usado para melhor reproduzir as condições de trabalho que podem causar sinais clínicos, sendo algumas dessas técnicas a avaliação ecocardiográfica pré e pós-exercício (MARR; BOWEN, 2010). Neste sentido, em humanos (NEILAN et al., 2006) e equinos (YOUNG, 2003), que executaram exercício prolongado, revelaram evidências ecocardiográficas de disfunção cardíaca, sendo que este risco foi maior em atletas com baixo nível de treinamento. Desta forma (WELSH et al., 2005; DOUGLAS et al., 1987) o exercício prolongado extenuante tem sido associado com disfunção transitória do ventrículo esquerdo e foi denominado “fadiga cardíaca”.

Pouco se sabe sobre a influência do exercício de polo na função cardíaca de equinos saudáveis. Considerando ainda os relatos acima, o objetivo deste estudo foi o de identificar e avaliar através da ecocardiografia os efeitos morfológicos e funcionais cardíacos de equinos após exercício de polo.

MATERIAL E MÉTODOS

A utilização dos animais para este estudo foi avaliada e aprovada pelo comitê de ética no uso animal do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília sob protocolo nº 21359/2010. Foram eles 27 equinos, dos quais 13 foram machos e 14 eram fêmeas, com idade variando de cinco a 15 anos, peso entre 393,5 e 497 kg, altura entre 1,48 e 1,68m e sem raça definida. Todos os animais foram provenientes da Coudelaria de Rincão do Exército Brasileiro, portanto possuíam o mesmo padrão pré-estabelecido para um cavalo militar. Estes animais faziam parte do pelotão de polo do 1º Regimento de Cavalaria de Guarda, e estavam submetidos ao mesmo manejo nutricional e treinamento atlético por no mínimo um ano. Não apresentavam nenhuma anormalidade ao exame clínico de rotina incluindo o auscultatório cardíaco e estavam dentro do padrão de sanidade exigido por uma equipe de oficiais veterinários o qual era controlado uma vez ao mês.

Os equinos foram avaliados dentro de um período de treinamento regular, visando à participação no Campeonato do Exército de polo/2010, sendo eles componentes da equipe do Comando Militar do Planalto, considerados de baixo *handicap* (até oito gols). Este programa constituiu-se de quatro partidas treino semanal, sendo que cada animal jogou apenas um *chukker* por partida treino. Este treinamento iniciou-se no mês de junho e prorrogou-se até a véspera do campeonato, que ocorreu

do dia 22 a 25 de julho, totalizando aproximadamente 30 dias. Assim, todas as avaliações ocorreram no período seco com umidade relativa do ar de aproximadamente 43% e temperatura ambiente média de 25°C.

Foram realizadas duas avaliações ecocardiográficas para cada indivíduo em diferentes momentos. A primeira avaliação foi realizada em repouso, no dia em que os animais não foram treinados, ou seja, não realizaram exercício físico por no mínimo 24 horas. Este momento, portanto, foi caracterizado como momento zero (M_0). A segunda avaliação ocorreu dentro do período de cinco a 10 minutos após o animal ter jogado um *chukker*, caracterizando assim o momento final (M_f). Foram avaliados de cinco a sete animais por partida treino em um total de cinco eventos ao longo de duas semanas.

O exame ecocardiográfico procedeu-se no modo M pela janela paraesternal direita, obtendo-se as medidas de diâmetro interno do ventrículo esquerdo em sístole (DVEs) e diástole (DVEd), septo interventricular em sístole (SIVs) e diástole (SIVd), parede livre do ventrículo esquerdo em sístole (PLVEs) e em diástole (PLVEd), seguindo as orientações da Sociedade Americana de Ecocardiografia (REEF, 1990). Para tanto, foi utilizado o aparelho de ecocardiografia modelo Sonosite Elite Plus®, com transdutor convexo banda larga de 2 a 4 MHz com alcance de 25 cm de profundidade.

A fração de encurtamento (FE) foi calculada a partir dos valores obtidos do DVEd e DVEs através da fórmula: $FE = [(DVEd - DVEs) / DVEd] \times 100$ (ROVIRA; MUÑOZ, 2009). Assim como a fração de ejeção (FEj) foi obtida pela fórmula $[(VDVE - VSVE) / VDVE] \times 100$. O volume sistólico final do ventrículo esquerdo (VSVE) e volume diastólico final do ventrículo esquerdo (VDVE) foram determinados pela fórmula modificada de Teicholz: $[7 \times (DVE)^3 / 2,4 + DVE]$ (TEICHOLZ et al., 1976; ROVIRA; MUÑOZ, 2009). Por fim o volume sistólico (VS) foi obtido pela diferença entre VDVE e VSVE e o débito cardíaco (DC) foi obtido multiplicando-se o VS pela frequência cardíaca (FC) (ROVIRA; MUÑOZ, 2009).

Para avaliação da perda de peso corporal, foi utilizada uma balança portátil com plataforma adaptada (TOLEDO MGR-3000 Júnior®). Os dados em repouso foram obtidos no mesmo período em que foi realizada a primeira avaliação ecocardiográfica (M_0). Os valores após o exercício foram obtidos ao final da partida treino (M_f), quando todos os animais avaliados nesta ocasião já estivessem sem os acessórios de montaria, sendo que até o momento da pesagem não tiveram acesso a água ou qualquer tipo de alimento.

Os dados em repouso e após o exercício foram submetidos à análise descritiva, buscando assim a obtenção dos valores relativos à média e desvio padrão. Em seguida, estes foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e ao tratamento estatístico por meio da aplicação do teste “U” de Mann-Whitney, com nível de significância de 5% comparando-se os dois momentos.

RESULTADOS

A média e desvio padrão dos índices funcionais cardíacos, obtidos por meio da ecocardiografia, e o peso corporal dos animais empregados neste estudo, foram expressos na tabela 1.

Tabela 1. Representação dos índices ecocardiográficos e peso corporal (média±desvio padrão) de equinos de polo em repouso (M₀) e após exercício (M_f)

Índices	Md±Dp	
	M ₀	M _f
SIVs (cm)	4,28±0,35*	4,06±0,40*
DVEs(cm)	5,91±0,81*	6,66±0,75*
PLVEs (cm)	3,74±0,51*	2,96±0,51*
SIVd (cm)	3,15±0,35*	2,87±0,28*
DVEd (cm)	9,74±0,86	9,60±0,15
PLVEd (cm)	2,60±0,51*	1,80±0,32*
DC (l/min)	78,14±29,16*	133,86±38,71*
VS (ml)	2139,27±556,21*	1722,41±487,66*
FE (%)	39,45±5,29*	30,58±5,58*
FEj (%)	77,06±6,29*	65,43±8,22*
FC (bpm)	35,70±6,27*	77,41±15,42*
Peso (Kg)	426,96±29,13	420,48±32,10

Valores com sobrescritos * em uma mesma linha são estatisticamente diferentes. Espessura do septo interventricular em sístole (SIVs); diâmetro interno do ventrículo esquerdo em sístole (DVEs); espessura da parede livre do ventrículo esquerdo em sístole (PLVEs); Espessura do septo interventricular em diástole (SIVd); diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole (DVEd); espessura da parede livre do ventrículo esquerdo em diástole (PLVEd); débito cardíaco (DC); volume sistólico (VS); fração de encurtamento (FE); fração de ejeção (FEj); frequência cardíaca (FC).

DISCUSSÃO

Índices morfológicos

O exercício de polo reduziu a espessura do miocárdio (SIVd, SIVs, PLVEd, PLVEs). Esse achado corroborou com o documentado por Gehlen et al. (2005) ao estudarem cavalos de concurso completo de equitação (CCE), para os quais, tanto os animais treinados como os não treinados, apresentaram redução destes índices quando

avaliados dentro de dois minutos após exercício em esteira. Schefer et al. (2010) também observaram redução significativa da PLVEs cinco minutos após os cavalos terem sido exercitados em esteira rolante. Em contrapartida, Michima (2007) e Bello et al. (2009) que avaliaram equinos após competição de enduro, encontraram aumento da espessura do SIV e nenhuma alteração para a PLVE. Este achado foi observado por Michima (2007) principalmente em animais desclassificados por causas metabólicas e por Bello et al. (2009) nos cavalos finalistas que percorreram 120 km e não nos animais que realizaram percursos menores. Ambos os autores coletaram os dados no período igual ou superior a 30 minutos.

De acordo com o proposto por Marr e Bowen (2010) a contratilidade do miocárdio pode ter sido comprometida após o exercício de polo, pois a mesma deveria aumentar com a estimulação simpática induzida pelo exercício causando aumento da espessura do SIV e PLVE durante a sístole. A resposta do miocárdio representado pela espessura do SIV e PLVE após o exercício demonstrou ser variável entre os autores que retrataram diferentes modalidades de esforço (GEHLEN et al., 2005; MICHIMA, 2007; BELLO et al., 2009; SCHEFER et al., 2010), sugerindo que estas alterações poderiam estar relacionadas com o tipo de exercício e/ou o período de avaliação.

O DVE aumentou quando em sístole (Tabela 1), de forma similar ao observado por Gehlen et al. (2005) que encontraram aumento do DVE_d em cavalos treinados para CCE, e para ambos os índices (DVE_d e DVE_s), em cavalos destreinados avaliados logo após exercício em esteira. Trivax et al. (2010) associaram o aumento do diâmetro do ventrículo direito após o exercício ao aumento da pré e pós-carga. Por outro lado, para Michima (2007) e Bello et al. (2009) houve diminuição significativa do DVE_s e DVE_d de equinos após exercício de enduro e foi associada a distúrbios metabólicos e/ou desidratação. Para Di Bello et al. (1996) dependendo do tipo de exercício, duração e intensidade de carga cardíaca, diferentes mudanças na dimensão cardíaca após o exercício foram descritas em humanos.

Trivax et al. (2010), ao avaliarem a função cardíaca direita, constataram em humanos que cerca de 1/3 dos corredores bem treinados apresentaram evidências de disfunção, com dilatação significativa do átrio e do ventrículo direito, e hipocinesia do ventrículo direito imediatamente após completarem uma maratona. Além disso, para Trivax et al. (2010), a maioria desses atletas, demonstraram uma redução significativa da FE_j do ventrículo direito e evidências bioquímicas de mionecrose cardíaca incluindo um pequeno aumento transitório de troponina cardíaca I. No presente estudo,

observamos resultado semelhante referente o ventrículo esquerdo, ou seja, aumento DVEs, hipocinesia de PLVE em determinados animais (Figura 1) e redução significativa da FEj. Contudo, não avaliamos marcadores bioquímicos de lesão cardíaca e não encontramos outros estudos que mencionassem estes achados para cavalos de polo, logo não foi possível estabelecer se houve injúria cardíaca ou se foi uma condição transitória específica da modalidade.

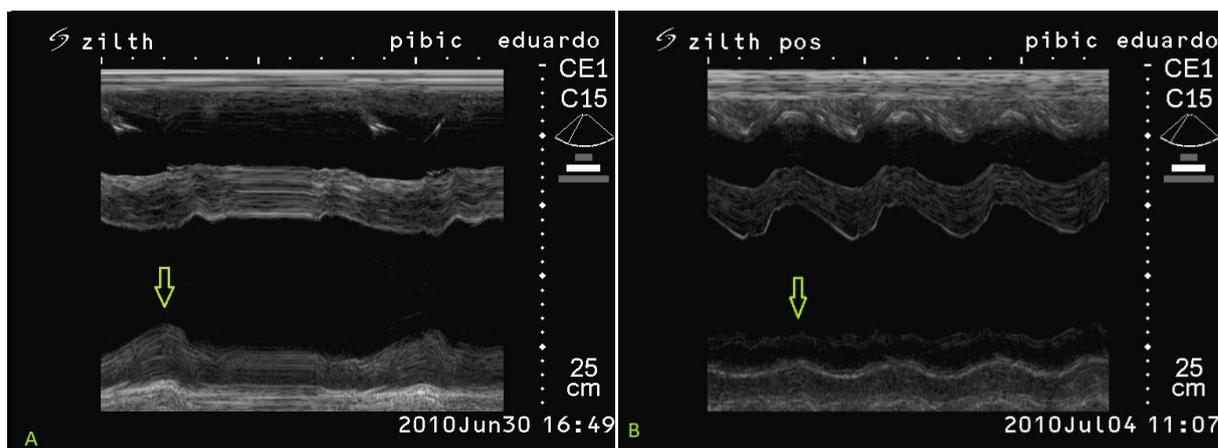


Figura 1. A: Imagem ecocardiográfica em modo M referente ao M_0 com seta indicando a parede livre do ventrículo esquerdo em sístole normocinética. B: Imagem ecocardiográfica em modo M referente ao M_f com seta indicando a parede livre do ventrículo esquerdo em sístole hipocinética.

Índices funcionais

O DC aumentou de forma significativa (194,21%), isto ocorreu, pois segundo o proposto por Marr (1999), esse dado mostrou-se dependente da pré-carga e sua elevação foi observada em situações associadas ao maior retorno venoso e menor resistência periférica, como durante o exercício. Para Hinchcliff et al. (2008), este aumento ocorre associado à combinação com a policitemia induzida pela contração esplênica e com o incremento da FC, com uma menor contribuição do VS elevado. Segundo Boffi (2007), o aumento do fluxo sanguíneo está diretamente relacionado com a intensidade do exercício. Este resultado sugeriu que, em média, não houve desidratação considerável neste grupo de cavalos de polo, pois de acordo com Naylor et al. (1993), em cavalos desidratados o DC diminuiu durante o exercício. A perda de peso, usada como forma representativa da perda de líquido corpóreo, também se mostrou insignificante estatisticamente reforçando essa ideia.

O VS reduziu após o exercício de polo coincidindo com o mencionado por Bello et al. (2009), quando observaram redução significativa do VS nos cavalos de enduro que percorreram 90 e 120 km. Para Dávila-Roman et al. (1997), a diminuição do volume sistólico no período imediatamente após o exercício indicou fadiga cardíaca por esforço.

Da mesma forma Kalliokoski et al. (2004) consideraram que alterações leves nos parâmetros de função ventricular esquerda, incluindo a redução do VS, foram sinais característicos de fadiga cardíaca em maratonistas humanos.

Segundo Evans (2004), a FE fornece uma indicação da contratilidade cardíaca e de acordo com Douglas et al. (1987), a disfunção cardíaca reversível poderia estar relacionada à intensidade do exercício, pois a redução da FE tendeu a ser maior entre aqueles com os menores tempos de corrida. Indo ao encontro do nosso estudo com cavalos de polo, Gehlen et al. (2005) e Schefer et al. (2010) retrataram uma redução significativa deste índice em equinos após realizarem exercício em esteira. Para Bello et al. (2009) também houve uma redução significativa da FE em cavalos de enduro que percorreram 90 km, e concordaram com Kalliokoski et al. (2004) que foi um sinal de fadiga cardíaca. Para Marr e Bowen (2010), a mensuração da FE antes e imediatamente depois do exercício foi usada para tentar identificar doenças sutis do miocárdio que causam redução do desempenho atlético e que somente são visíveis após o exercício. Entretanto, estes autores ressaltaram que a diminuição da FE após o exercício também pode refletir as mudanças da pré-carga associada à redistribuição do fluxo sanguíneo após o exercício extenuante.

Outro método comum para avaliação da função sistólica foi à obtenção dos índices da FEj ventricular, que representou o desempenho ventricular esquerdo de um modo global. Coincidindo com nosso achado, uma análise quantitativa realizada com equinos após exercício em esteira, verificou-se que a FEj diminuiu significativamente após o exercício em comparação com os valores basais (SCHEFER et al. 2010). Rifai et al. (1999) também encontraram redução significativa da FEj e movimentação anormal de parede em indivíduos humanos, e que, por sua correlação com aumento da troponina T, sugeriram que estas anormalidades funcionais do VE poderia não ser apenas fadiga cardíaca, mas sim injúria. Entretanto, estudando atletas humanos após competição de triátlon, Douglas et al. (1987) relataram o retorno ao normal das alterações de movimentação de parede e FEj em 24 a 48 horas após o exercício, indicando que estes foram efeitos transitórios provocados pelo exercício.

Segundo Evans (2009), após o exercício a FC diminuiu rapidamente no primeiro minuto, e depois continua a diminuir de forma mais lenta, sendo que a taxa de recuperação da FC é mais rápida em cavalos treinados. Para este autor, a FC após o exercício pode ser usada como guia para recuperação inadequada, pois se manter-se acima de 130 bpm no período de cinco a dez minutos após o exercício indicaria que o

animal não foi treinado o suficiente, ou poderia possuir desordens clínicas como fibrilação atrial, infecção respiratória ou claudicação. Portanto, sendo 77 bpm a média da FC dos cavalos de polo deste estudo após um período de cinco a 10 minutos de recuperação, demonstrou-se que, de acordo com Evans (2009), não houve superaquecimento e o condicionamento foi adequado.

A perda de peso corpóreo foi em média 1,52% após um *chukker*, sem diferença estatística entre o M_0 e M_f . Isto sugere que estes animais não sofreram desidratação significativa visto que, para Kingston et al. (1997), a mensuração da perda de peso corporal seria uma forma confiável de se estimar a perda de fluidos por meio do suor em equinos exercitados. Dumont et al. (2010) e Teixeira-Neto (2006) encontraram perda de peso corporal de 2,4% e de 4,30 a 5,27% respectivamente, ao avaliarem cavalos após exercício de enduro sugerindo que a desidratação, em geral, tem maior influência em cavalos que realizam enduro a polo.

CONCLUSÃO

Com o presente estudo foi possível concluir que o exercício de polo alterou diversos índices ecocardiográficos em equinos saudáveis no período de cinco a dez minutos do término de um *chukker*. Foram eles, estruturais como: redução da espessura do SIV e PLVE e aumento DVEs, e funcionais como: aumento do DC e FC, enquanto que o VS, FE e FEj reduziram. Não houve perda de peso corporal significativa após o exercício, portanto não pôde ser relacionada com as alterações ecocardiográficas. Estes resultados sugeriram que o exercício de polo provocou alterações na função do ventrículo esquerdo demonstrando alta demanda cardíaca.

REFERÊNCIAS

- BELLO, C. A. O.; RAJÃO, M.D.; TEIXEIRA-NETO, A.R.; VASCONCELOS, C.E.S.; LIMA, E. M. M. Echocardiographic evaluation of cardiac functional indices on horses performing endurance exercise. In: CONGRESS OF THE WORLD EQUINE VETERINARY ASSOCIATION, X CONFERÊNCIA ANUAL DA ABRAVEQ E V CONGRESSO INTERNACIONAL FEI/CBH, 2009,11., Guarujá: **Resumos...** Guarujá. 2009.
- BOFFI, F. M. **Fisiologia del Ejercicio em Equinos**, Buenos Aires: Inter-médica, 2007. 306p
- DÁVILA-ROMÁN, V.G.; GUEST, T.M.; TUTEUR, P.G.; ROWE, W.J.; LADENSON, J.H.; JAFFE, A.S. Transient right but not left ventricular dysfunction after

- strenuous exercise at high altitude. **Journal of the American College of Cardiology**, v.30, n.2, p.468-473, 1997.
- DI BELLO, V.; SANTORO, G.; TALARICO, L.; DI MURO, C.; CAPUTO, M.T. Left ventricular function during exercise in athletes and sedentary men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, p. 190–196. 1996.
- DOUGLAS, P.S.; O'TOOLE, M.L.; HILLER, W.D.; HACKNEY, K.; REICHEK, N. Cardiac fatigue after prolonged exercise. **Circulation**, v. 76, p. 1206-1213. 1987.
- DUMONT, C. B.; LEITE, C.R.; MORAES, J.M.; ALVES, R.O.; GODOY, R.F.; LIMA, E.M.M. Parâmetros eletrocardiográficos de equinos Puro Sangue Árabe submetidos a exercício prolongado de enduro. **Ciência Rural**, v.40, p. 1966-1973. 2010.
- EVANS, D. Exercise testing in the field. In: HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.J.; GEOR, R.J. **Equine Sports Medicine and Surgery**. London: Saunders, 2004. 9-18p.
- EVANS, D. L. Cardiovascular Physiology: responses to exercise and training. In: SIMPÓSIO DE FISIOLÓGIA DE EXERCÍCIO EM EQUINOS, 2009, 1., São Paulo: **Anais...** São Paulo, 2009. p. 4-6.
- FERRAZ, G. C.; SOARES, O. A. B.; FOZ, N. S.; CARVALHO, M. P.; QUEIROZ-NETO, A. The workload and plasma ion concentration in a training match session of high-goal (elite) polo ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, p. 191-195. 2010.
- GEHLEN, H.; SILKE, M.; KARL, R.; FRANZ, E.; PETER, S. Echocardiographic comparison of left ventricular dimensions and function after standardized treadmill exercise in trained and untrained healthy warmblood horses. **Equine and Comparative Exercise Physiology**, v. 3, n.1, p. 3-11. 2005.
- HINCHCLIFF, K.W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. **Equine exercise physiology: the science of exercise in the athletic horse**. London: Saunders, 2008. 221-235 p.
- HOLBROOK, T.; BIRKS, E. K.; SLEEPER, M. M.; DURANDO, M. Endurance exercise is associated with increased plasma cardiac troponin I in horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 36, p. 27-31. 2006.
- KALLIOKOSKI, K.K.; LAAKSONEN, M. S.; LOUTOLAHTI, M.; LAINE, H.; TAKALA, T.O.; NUUTILA, P.; KNUUTI, J . Myocardial perfusion after marathon running. Scandinavian. **Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 14, n.1, p. 208-214. 2004.
- KINGSTON, J.K.; GEOR, R. J.; MCCUTCHEON, L. J. Use of dew point hygrometry, direct sweat collection and measurement of body water losses to determine sweating rates in exercising horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 22, p. 108-113. 1997.
- MARLIN, D.; ALLEN, J. Cardiovascular demands of competition on low-goal (non-elite) polo ponies. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v.31, n. 5, p. 378-82. 1999.
- MARR, C.M.; BRIGHT, J. M.; MARLIN, D. J.; HARRIS, P. A.; ROBERTS, C. A. Pre- and post- exercise echocardiography in horses performing treadmill exercise in cool and hot/humid conditions. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 30, p.131-136. 1999.
- MARR, C.M.; BOWEN, I.M. **Cardiology of the horse**. 2 ed. London: Saunders, 2010. 294 p.
- MICHIMA, Lilian Emy dos Santos. **Influência do exercício físico prolongado sobre a concentração sérica de troponina I cardíaca e sobre a função cardíaca em cavalos de enduro**. São Paulo, SP, 2007. 94f. Tese (Doutorado em Clínica Veterinária). Universidade de São Paulo, USP.
- NAYLOR, J. R.; BAYLY, W. M.; GOLLNICK, P. D.; BRENGELMANN, G. L.; HODGSON, D. R . Effects of dehydration on thermoregulatory responses of horse

- during low-intensity exercise. **Journal Applied Physiology**, v.75, p. 994-100. 1993.
- NEILAN, T.G.; DANITA, M. Y.; PAMELA, S. D.; JANE, E. M.; ELKAN, F. H.; DAVID, L.; MICHAEL, H. P.; MALISSA, J. W. Among nonelite participants in the Boston marathon myocardial injury and ventricular dysfunction related to training levels. **Circulation**, v.114, p.2325-2333. 2006.
- REEF, V.B. Echocardiographic examination in the horse: the basics. **Compendium on Continuing Education for the Veterinarian Practicing**, v.12, n.9, p. 312-319. 1990.
- RIFAI, N.; DOUGLAS, S.P.; O'TOOLE, M.; RIMM, E.; GINSBURG, G.S. Cardiac troponin T and I, electrocardiographic wall motion analyses, and ejection fractions in athletes participating in the Hawaii ironman triathlon. **American Journal of Cardiology**, v.83, p.1085-1089. 1999.
- ROVIRA, S.; MUÑOZ, A. Two-Dimensional- and M-Mode Echocardiographic Measurements and Indices of Cardiac Function in Spanish Colts and Fillies of Different Age. **Journal Veterinary Medicine Science**, v. 71, n.7, p. 957–964. 2009.
- SCHEFER, K.D.; BITSCHNAU, C.; WEISHAUPT, M.A.; SCHWARZWALD, C.C. Quantitative analysis of stress echocardiograms in healthy horses with 2-dimensional (2d) echocardiography, anatomical m-mode, tissue doppler imaging, and 2d speckle tracking. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 24, p. 918-931. 2010.
- STADLER, P.; REWEL, A.; DEEGEN, E. Die M mode echocardiography in dressage- and showjumping horses of class 'S' and in untrained horses. **Journal of Veterinary Medicine**, v. 40, p. 292–306. 1993.
- TEICHOLZ, L.E.; KREULEN, T.; HERMAN, M.V. Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of synergy. **American Journal of Cardiology**, v. 37, p. 7-11. 1976.
- TEIXEIRA-NETO, Antônio Raphael. **Variáveis fisiológicas e estresse oxidativo de equinos durante campeonato de enduro**. Jaboticabal, SP, 2006. 84f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária), Universidade Estadual Paulista, UNESP.
- TRIVAX, J.E.; BARRY, A. F.; JAMES, A. G.; KAVITHA, M. C.; MICHAEL, J. G.; ADAM, T. J.; JAMES, M. C.; DAVID, E. H.; PETER, A. M. Acute cardiac effects of marathon running. **Journal Applied Physiology**, v.108, p. 1148-1153. 2010.
- WELSH, R.C.; DARREN, E. R. W.; DENNIS, P. H.; DYLAN, A. T.; JONATHON, M.; MARK, J. H. Prolonged strenuous exercise alters the cardiovascular response to dobutamine stimulation in male athletes. **Journal of Physiology**, v. 569, n.1, p.325-330. 2005.
- YOUNG, L. E. Equine athletes, the equine athletes' heart and Racing success. **Experimental Physiology**, v. 88, p. 306-309. 2003.

CAPÍTULO III

AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA DE EQUINOS SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO DE POLO

INTRODUÇÃO

A performance de cavalos atletas e sua habilidade em tolerar condições extremas de exercício físico é diretamente relacionada ao condicionamento cardiovascular (MANASH et al., 2010). Nesse contexto, o eletrocardiograma (ECG) tenta quantificar o treinamento e o desempenho atlético por meio da determinação do escore cardíaco e massa cardíaca (DUMONT et al., 2010). Dados que já haviam sido confirmados por Stewart (1981) e Illera e Illera (1987) ao verificarem que o ECG foi eficaz na avaliação do desempenho, assim como na monitoração do treinamento em cavalos de corrida e de enduro, respectivamente, e por Nielsen e Vibe-Petersen (1980) quando observaram relação entre a duração do complexo QRS e o desempenho de cavalos nas corridas.

Em outro aspecto, Evans (1994) sugeriu que a avaliação da função cardíaca sob efeito do exercício permitiu avaliar a influência de anomalias cardíacas, assim como os efeitos deletérios do esforço frente à função cardíaca. Neste sentido, relatou que, o desempenho de cavalos de corrida foi afetado por anormalidades eletrocardiográficas observadas em repouso e considerou que estes animais podem ter o tempo de enchimento ventricular reduzido, levando a diminuição do volume sistólico e débito cardíaco.

Conforme Ferraz et al. (2010), cavalos participantes de uma partida treino de polo, considerados de alto handicap, desempenharam um esforço de alta intensidade com evidenciação de alterações transitórias nos eletrólitos e equilíbrio ácido-base de potencial relevância. Neste contexto, Babusci e López (2006) comentaram que em cavalos desidratados e com transtornos eletrolíticos graves, ocorreram alterações no potencial de membrana e estes sofreram taquicardias ventriculares com influência direta no desempenho atlético. Holbrook et al. (2006) afirmaram ainda que as alterações metabólicas sistêmicas podem, direta ou indiretamente, acarretarem alterações da função cardiovascular, comprometendo a integridade miocárdica. Sendo assim, Babusci e López (2006) sugeriram que o exame eletrocardiográfico após o exercício poderia melhor avaliar a função cardíaca,

detectando arritmias que não seriam encontradas em repouso, assim como aumento de câmaras e hipertrofias.

Pouco se sabe sobre a influência do exercício de polo na função cardíaca de equinos saudáveis. Considerando ainda os relatos acima, o objetivo deste estudo foi o de identificar e avaliar através da eletrocardiografia os efeitos elétricos cardíacos de equinos após exercício de polo.

MATERIAL E MÉTODOS

A utilização dos animais para este estudo foi avaliada e aprovada pelo comitê de ética no uso animal do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília sob protocolo nº 52412/2010. Foram avaliados 27 equinos, sendo 13 machos e 14 fêmeas, com idade variando de cinco a 15 anos, peso entre 393,5 e 497 kg e altura entre 1,48 e 1,68m. Os animais eram mestiços, porém, todos provenientes da Coudelaria de Rincão do Exército Brasileiro, portanto possuíam o mesmo padrão pré-estabelecido para um cavalo militar. Estes animais faziam parte do pelotão de polo do 1º Regimento de Cavalaria de Guarda, e estavam submetidos ao mesmo manejo nutricional e treinamento atlético por no mínimo um ano. Os animais não apresentavam nenhuma anormalidade ao exame clínico de rotina, incluindo a auscultação cardíaca e estavam dentro do padrão de sanidade exigido pela Equipe de Oficiais Veterinários deste regimento.

Os equinos foram avaliados dentro de um período de treinamento regular, visando à participação no Campeonato do Exército de polo/2010, sendo eles componentes da equipe do Comando Militar do Planalto, considerados de baixo *handicap* (até oito gols). Este programa constituiu-se de quatro partidas treino semanal, sendo que cada animal jogou apenas um *chukker*, ou seja, um tempo de sete minutos por partida treino. Este treinamento iniciou-se no mês de junho e prorrogou-se até a véspera do campeonato, que ocorreu do dia 22 a 25 de julho, totalizando aproximadamente 30 dias. Assim, as avaliações ocorreram no período seco com umidade relativa do ar de aproximadamente 43% e temperatura ambiente média de 25°C.

Cada indivíduo foi submetido a duas avaliações eletrocardiográficas em diferentes momentos. A primeira avaliação foi realizada em repouso, no dia em que os animais não foram treinados, ou seja, não haviam realizado exercício físico por no

mínimo 24 horas. Este momento, portanto, foi caracterizado como momento zero (M_0). A segunda avaliação ocorreu dentro do período de cinco a 10 minutos após o animal ter jogado um *chukker*, caracterizando assim o momento final (M_f). Foram avaliados cinco a sete animais por partida treino em um total de cinco eventos ao longo de duas semanas, da mesma forma para as avaliações em repouso, ressaltando que estas foram realizadas com um dia de antecedência a partida treino.

Os traçados eletrocardiográficos foram obtidos durante 60 segundos utilizando-se o aparelho C10 TEB, sistema composto por eletrocardiógrafo digital de 12 canais e software ECGPC Veterinário versão 2.27. Foram registradas as derivações bipolares I, II, III e unipolares aumentadas aVR, aVF, aVL, assim como derivações pré-cordiais V4 e V10. Os eletrodos foram fixados à pele por meio de condutores metálicos, do tipo jacaré, e umedecidos com álcool. Sua disposição seguiu o sistema de derivação bipolar de Dubois, XEG (processo xifóide do osso esterno/osso escápula esquerdo) e XED (processo xifóide do osso esterno/osso escápula direito). Quanto às pré-cordiais, V4 foi fixada no sexto espaço intercostal esquerdo abaixo da junção costocostal e V10 no processo espinhoso da sétima vértebra torácica sendo. O escore cardíaco (EC) foi calculado através da fórmula: $EC = QRS (ms) DI + QRS (ms) DII + QRS (ms) DIII / 3$, assim como o QTc pela fórmula: $QTc (ms) = QT(ms) / \sqrt{RR (s)}$

Os dados antes e após o exercício foram submetidos à análise descritiva, buscando assim a obtenção dos valores relativos à média e desvio padrão. Em seguida aplicou-se teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov e a partir de então estes foram submetidos à análise por meio do teste “T” de Student, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A média e desvio-padrão dos índices cardíacos, obtidos por meio da eletrocardiografia, dos animais empregados neste estudo, foram expressos na tabela 2.

Tabela 2. Representação dos índices eletrocardiográficos (média±desvio-padrão) de equinos de polo em repouso (M₀) e após exercício (M_f)

Índices	Md±Dp	
	M ₀	M _f
Duração de P (ms)	143,54±19,28*	127,35±23,99*
Amplitude de P1 + (mV)	0,20±0,08	0,18±0,07
Amplitude de P2 + (mV)	0,29± 0,08*	0,39±0,10*
Duração de PR (ms)	300,54±39,58*	259,54±48,38*
Duração de QT (ms)	489,31±40,17*	418,81±60,31*
Duração de QRS (ms)	138,15±14,77	132,58±14,03
Duração de QTc (ms)	382,54±27,27*	458,08±32,44*
Amplitude de R+(mv)	0,24±0,18	0,23±0,14
Amplitude de S – (mv)	2,07±0,49	2,39±0,49
Amplitude de T1 – (mV)	0,60±0,40*	0,34± 0,24*
Amplitude de T2 + (mV)	0,55±0,18	0,54±0,25
Escore Cardíaco (ms)	104,28±8,67	102,06±11,26
FC (bpm)	37,30±7,28*	74,38±15,06*

Valores com sobrescritos * em uma mesma linha são estatisticamente diferentes. FC= frequência cardíaca, bpm= batimentos por minuto; ms= milissegundo; mV= milivolt; °= grau.

DISCUSSÃO

A duração e amplitude da onda P mostraram-se variáveis com o exercício de polo, conforme exposto na tabela 2, assim como sua morfologia. A redução estatística da duração da onda P, também foi observada após exercício de enduro (DUMONT et al., 2010) e salto (PICCIONE et al., 2003) e foi associada ao aumento da frequência cardíaca. Da mesma forma, para Negrão e Barreto (2010), o aumento de sua amplitude, como o observado na onda P2+, foi um achado normalmente verificado com a elevação da frequência cardíaca. A morfologia da onda P variou entre os dois momentos da seguinte forma: em repouso 92,21% foi bífida positiva, em 3,85% única positiva e 3,85% difásica, negativa para P1 e positiva para P2. A morfologia da onda P bífida positiva observada na maioria dos animais em repouso foi um achado normal como o observado no eletrocardiograma de equinos Puro Sangue Inglês e Trotadores (FREGIN, 1982), Puro Sangue Árabe (YONEZAWA et al., 2009), Mangalarga (VICENZI et al., 2000) equinos da raça Espanhola (AYALA et al., 2000) e ainda de cavalos de salto (DINIZ et al., 2011). Esse fenômeno foi atribuído por Hamlin et al. (1970) aos diferentes pontos de ativação do átrio confirmados por meio da vetocardiografia. Já ondas P difásicas representaram

hipertrofia atrial (RAMOS; SOUZA, 2007). Após o exercício a maioria dessas ondas mantiveram-se bífida positivas (80,77 %), mas houve uma tendência de se tornarem únicas positivas (19,23%). Neste aspecto, Ayala et al. (2000) descreveram que o aumento da frequência cardíaca durante o exercício promoveu a fusão dos dois componentes e assim, a onda P assumiu um contorno monofásico positivo.

A redução dos valores absolutos dos intervalos PR e QT (Tabela 2), coincidiu com o achado de autores que avaliaram diferentes formas de exercício, como o enduro (DUMONT et al., 2010), o exercício em esteira rolante de alta performance (YONEZAWA et al., 2009), a corrida de cavalos trotadores (FAZIO et al., 2003) e provas de salto (PICCIONE et al., 2003). Segundo Swenson e Reece (1996), isso ocorreu, pois, para permitir rápidas frequências cardíacas à condução átrio-ventricular acelera, reduzindo o intervalo PR e a duração do potencial de ação e o período refratário diminui, provocando o encurtamento do intervalo QT.

O exercício parece ter efeitos mínimos sobre o complexo QRS, porém, quando a frequência cardíaca aumenta, aumenta a força contrátil do miocárdio e acelera a difusão da excitação fazendo com que o complexo QRS possa apresentar-se encurtado (SWENSON; REECE, 1996). Portanto de acordo com Swenson e Reece (1996) o complexo QRS não foi alterado de forma significativa após o exercício de polo, mas tendeu a diminuir.

Na eletrocardiografia do esforço, dentro da medicina esportiva humana, o comportamento do segmento ST é o elemento fundamental, pois é o principal marcador de isquemia, sendo que os deslocamentos positivos e negativos desse segmento representam fenômeno isquêmico de origem não obstrutiva e na fase pós-esforço é valorizado de maneira semelhante a sua ocorrência durante a fase de esforço (NEGRÃO; BARRETO, 2010). No entanto, outras variáveis do exame são analisadas concomitantemente ao segmento ST, tornando a análise multifatorial, entre elas as modificações das deflexões P, PR, Q, R, S, J, T e U, respostas clínicas, hemodinâmicas e metabólicas. Hipocalemia, esforço súbito excessivo, sobrecarga acentuada de volume, hiperventilação e hipertrofia ventricular esquerda são algumas das causas não coronarianas de desnivelamento do segmento ST em atletas humanos (NEGRÃO; BARRETO, 2010). Na medicina equina, Boffi (2007) considerou que o desnivelamento do segmento ST poderia indicar hipóxia do miocárdio e/ou alterações nos níveis de potássio e pH. Diniz et al. (2011) e Dumont et al. (2011) relataram que o desnível do segmento ST acima de 0,3 mv poderia ser

um indicativo de choque, endotoxemia ou dor abdominal, bem como, distúrbios eletrolíticos. Dumont et al. (2011) verificaram esta anormalidade em 43% dos cavalos de enduro que foram desclassificados por exaustão e consideraram que a desidratação poderia promover choque hipovolêmico, reduzindo substancialmente o volume e o tempo de diástole, assim como o suprimento sanguíneo e o fornecimento de oxigênio ao miocárdio. Já em cavalos de enduro finalistas, Dumont et al. (2010) não encontrou em nenhum dos animais o desnivelamento do segmento ST. Pontualmente dois dos equinos avaliados neste estudo apresentaram desnível ST acima de 0,3mv após o exercício de polo.

A influência do exercício de polo na duração do intervalo QT corrigido pela frequência cardíaca (QTc) resultou em um aumento entre os momentos avaliados (Tabela 2). Piccione et al. (2003) que encontraram o mesmo resultado para cavalos após provas de salto, afirmaram que esta variação provavelmente foi causada por um aumento no tônus neurovegetativo. Já Dumont et al. (2011) que também encontraram aumento significativo deste índice em cavalos após uma competição de enduro, sugeriram que os animais sofreram fadiga cardíaca leve, e voltaram a normalidade após o repouso. Pois, de acordo com Sevestre (1982) o aumento significativo desse índice foi observado em casos de fadiga miocárdica ou miocardite, sendo diretamente proporcional ao estado de fadiga do animal, podendo atingir 550ms em casos de fadiga excessiva e permanecendo entre 450ms e 500ms em fadiga leve. Sendo assim, sugere-se que os cavalos de polo sofreram fadiga leve do miocárdio já que o QTc alcançou 458,08 ms. Contribuindo ainda para esta hipótese, Bello et al. (2011) observaram redução da função ventricular esquerda ao avaliarem ecocardiograficamente cavalos após exercício de polo e sugeriram que estes animais apresentaram fadiga cardíaca transitória.

Alterações na morfologia e amplitude da onda T foram observadas, sendo elas variáveis entre os indivíduos tanto em repouso como em resposta ao exercício de polo. Durante o M₀, 80,77% dos animais apresentaram essa onda difásica, com o componente T1 negativo e o T2 positivo, para os demais animais, ou seja, 19, 23% a onda foi única positiva. Em relação ao M_f, na maioria dos animais a onda T manteve-se difásica (53,85%) como no repouso, mas apresentou uma tendência a se tornar única positivas em 46,15% dos casos. Foi possível observar ainda que a onda T1 sofreu uma diminuição da sua amplitude, e a onda T única +, embora não avaliada

estatisticamente devido à variação do número de animais, demonstrou claramente um aumento de sua amplitude (Figura 2.)

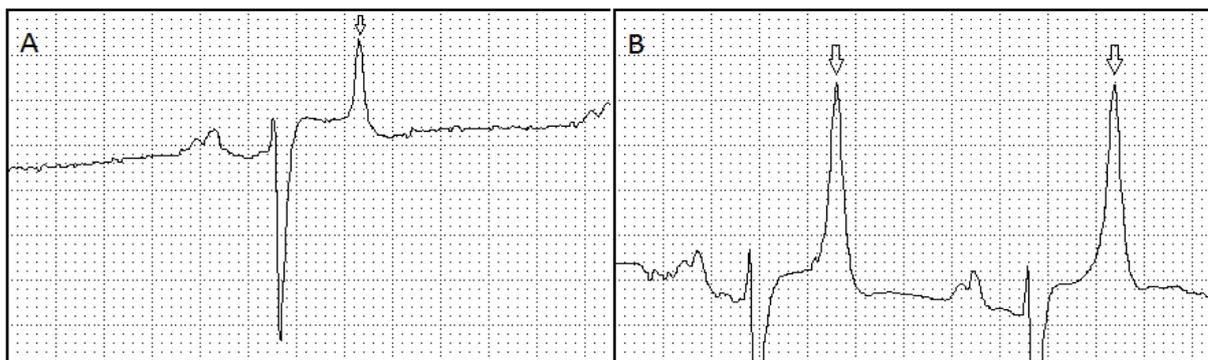


Figura 2. Traçado eletrocardiográfico na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s de um equino de polo apresentando um aumento marcado da amplitude da onda T única positiva. Considera-se A o resultado no M₀ e B no M_f.

As alterações na onda T têm sido associadas a condições fisiológicas sistêmica e patológicas incluindo esforço físico, excitação, drogas, doenças infecciosas, tonus vagal, distúrbios eletrolíticos, hipóxia e miocardite. Como a onda T é altamente lábil e pode ser influenciada por um grande número de diferentes fatores, a quantificação do significado diagnóstico é extremamente difícil. Entretanto o treinamento parece ter influencia na etiologia das anormalidades da onda T, já que cavalos treinados apresentam essas alterações em uma grande porcentagem (EVANS, 1991). Entre as principais alterações na onda T observadas em cavalos que tiveram a performance atlética alterada foi a inversão de polaridade e amplitude (ROSE et al., 1979). Da mesma forma, alterações na onda T também foram observadas com grande frequência em atletas humanos de endurance, bem como atletas de força, porém as alterações encontradas durante e após o exercício foram consideradas inespecíficas e sem valor diagnóstico definitivo para isquemia miocárdica (NEGRÃO; BARRETO, 2010). As literaturas consultadas ainda são controversa quanto à influência das alterações da onda T no desempenho esportivo de equinos.

O tamanho do coração é um determinante da capacidade máxima do rendimento cardíaco e aeróbio do animal atleta, dessa forma, o escore cardíaco determinado através do complexo QRS, vem sendo relacionado com a performance de equinos (HODGSON; ROSE, 1994; DETWEILER et al., 1996). Neste contexto, Rose et al. (1979) afirmaram que os animais mais velozes possuíam este índice maior do que os de outros competidores. Bizzet et al. (1993) analisaram em um

trabalho apenas o eletrocardiograma de animais que praticavam esporte, considerados bem condicionados, e encontraram valores deste índice acima de 100ms em todos os cavalos, sendo que um melhor rendimento foi visto naqueles que o escore cardíaco esteve acima de 115ms. Por fim, para Illera e Illera (1987) a determinação do escore cardíaco em cavalos que participam de provas esportivas foi de grande valor, a fim de evitar que animais em más condições físicas (escore cardíaco menor que 100 ms) sofressem alguma lesão devido à fadiga causada pelo esforço.

O valor médio do escore cardíaco dos cavalos de polo deste estudo foi de 104,28ms durante o repouso, estando assim de acordo com o citado acima para cavalos condicionados, mas abaixo daqueles considerados mais velozes. Levando em consideração outros autores como Steel e Stewart (1974) estes animais não possuíam boa capacidade e potencial atlético, pois para isto deveriam estar entre a faixa de 120 à 136ms. Sabendo ainda que cavalos de salto avaliados por Diniz et al. (2011) demonstraram uma média de 94,9ms, percebe-se que a afirmação de Steel e Stewart (1974) é difícil de ser estabelecida de forma isolada, pois definir um valor preditivo de condicionamento é arriscado, já que como sugerido por Andrade et al. (2006) a conformação física de cada raça, que inclui o tamanho, o comprimento e a largura torácica podem alterar a disposição do eixo cardíaco, alterando assim o traçado eletrocardiográfico.

Segundo Evans (2009), após o exercício a frequência cardíaca diminui rapidamente no primeiro minuto, e depois continua a diminuir de forma mais lenta, sendo que a taxa de recuperação da FC foi mais rápida em cavalos treinados. Para este autor, a frequência cardíaca após o exercício pode ser usada como guia para recuperação inadequada, sendo que se permanecer elevada após exercício indica superaquecimento. Então, a frequência cardíaca que permanecer acima de 130 bpm no período de cinco a 10 minutos após o exercício seria sugestivo de recuperação ruim. Este resultado poderia indicar que o animal não estava treinado o suficiente, ou possuía desordens clínicas como fibrilação atrial, infecção respiratória ou claudicação. Portanto, sendo 74,38 bpm a média da frequência cardíaca dos cavalos de polo deste estudo após um período de cinco a 10 minutos de recuperação, demonstrou-se que estes animais se recuperaram de forma satisfatória indicando um bom condicionamento físico.

O ritmo sinusal foi considerado o fisiológico para cavalos em repouso (MARR, 2010) e foi observado em 59,27% dos animais durante o M_0 . O restante (14,81%) dos animais apresentou bradicardia sinusal, que foi considerado por Negrão e Barreto (2010) como sendo a alteração de frequência cardíaca mais comumente encontrada no eletrocardiograma de repouso de indivíduos treinados, e fortemente relacionada com o nível de treinamento físico. Estes autores acreditam que esta condição esteja relacionada não somente à redução do tônus simpático e ao elevado tônus vagal, mas também a mudanças funcionais nas células do nó sinoatrial. Quando da avaliação dos animais no M_f pode-se ver que 81,48% dos animais apresentaram taquicardia sinusal, pois estavam em fase de recuperação dos valores basais após o exercício, achado tido como normal quando associada à dor, à excitação ou ao exercício (PATTESON, 1996). De outra forma em 18,52% dos animais após o exercício de polo (M_f) o ritmo foi sinusal, demonstrando que estes apresentaram boa recuperação, sugerindo bom condicionamento físico como referido por Dumont et al.(2010).

A arritmia sinusal é uma das formas mais frequentes de arritmias, sendo comumente considerada um evento normal. Uma das variantes de arritmia sinusal, o marca-passo atrial mutável, é caracterizado pela transferência do foco dominante do nó sinoatrial para marca-passos latentes, localizados em outros sítios atriais, ou em tecido juncional atrioventricular. Esta forma de arritmia foi observada em 25,92% dos cavalos de polo em repouso desaparecendo logo após o exercício. Em atletas humanos sua ocorrência apresentou-se elevada, sendo em torno de 69% quando comparada com a ocorrência encontrada na população em geral, que foi de aproximadamente 20%. Para estes atletas, esta arritmia também tende a desaparecer durante o exercício, e em geral não requerem maiores investigações, a menos que venham acompanhadas de sintomas (NEGRÃO; BARRETO, 2010). Para equinos, Dumont et al. (2010) afirmaram ser um evento benigno e fisiológico em função do estímulo parassimpático, não comprometendo assim a atividade atlética dos animais.

Outras alterações do ritmo cardíaco foram pouco observadas no grupo avaliado. Destes, apenas um indivíduo (3,7%) apresentou bloqueio atrioventricular de primeiro grau em repouso, desaparecendo após o exercício, e outro indivíduo (3,7%) apresentou complexo ventricular prematuro após o exercício. A ocorrência destas alterações foi baixa e foi semelhante ao relatado por Diniz et al. (2011) ao

encontrarem em 3% dos cavalos de salto avaliados em repouso, bloqueio atrioventricular de 1º grau. Já Buhl et al. (2010) encontraram complexo ventricular prematuro em 18% e 7%, durante e após o exercício de salto respectivamente e também consideraram de baixa ocorrência.

As demais alterações de ritmo cardíaco não ocorreram em nenhum dos momentos avaliados, o que pode ser considerado positivo para este grupo de cavalos de polo, pois, diversos autores relataram outras alterações tanto em repouso como após o exercício incluindo complexo supraventricular prematuro, bloqueio atrioventricular de segundo grau e pausa sinusal (BARBESGAARD et al., 2010; BUHL et al., 2010; DINIZ et al., 2011). A baixa ocorrência de umas e ausência de outras alterações do ritmo cardíaco permite sugerir que a maioria destes animais estavam aptos a prática esportiva e que a probabilidade de apresentarem queda de performance e morte súbita induzida pelo exercício, ambas de origem cardíaca, foram baixas. Entretanto deve-se considerar, mesmo que baixa, a capacidade do exercício de polo provocar arritmia.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram diversas alterações eletrocardiográficas consideradas fisiológicas em resposta ao aumento da frequência cardíaca como: duração e amplitude da onda P e duração do intervalo PR e QT. A avaliação da morfologia da onda P sugeriu que alguns animais possuíam hipertrofia atrial e outros diferentes pontos de ativação do nó sinoatrial. O supradesnível do segmento ST e as variações da onda T observadas após o exercício poderiam representar efeito adverso ao miocárdio, entretanto estudos analisando múltiplos fatores seriam necessários para confirmar esta associação e definir sua real causa. O aumento do QTc sugeriu fadiga miocárdica leve representando alta demanda cardíaca para esta modalidade. O escore cardíaco demonstrou que estes animais apresentavam-se dentro do padrão de adaptação cardíaca para um cavalo atleta. Foi observada baixa ocorrência de alterações no ritmo cardíaco.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.F.C.; MICHIMA, L. E. S.; YONEZAWA, L.A.; FERNANDES, W.R.
Relação entre escore cardíaco e o condicionamento físico de equinos da raça

- Mangalarga. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 13, n. 2, p.125-130. 2006.
- AYALA, I.; GUTIERREZ-PANIZO, C.; BENEDITO, J.L. Morphology and amplitude values of the electrocardiogram of Spanish-bred horses of different ages in the Dubois leads system. **Veterinary Research**, v. 31, p. 347-354. 2000.
- BABUSCI, M.; LÓPEZ, E.F. Sistema cardiovascular. In: BOFFI, F.M. **Fisiologia del Ejercicio en Equino**. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006. p.61-85.
- BARBESGAARD, L.; BUHL, R.; MELDGAARD, C. Prevalence of exercise-associated arrhythmias in normal performing dressage horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, n.38, p. 202-207. 2010.
- BELLO, C.A.O.; DUMONT, C. B.S.; SOUZA, T.C.; PALMA, J.M.; TORALLES, N.M.; LIMA, E.M.M.; GODOY, R. F.; BORGES, J. R. J. Avaliação ecocardiográfica de equinos após exercício de polo. In: Simpósio Internacional do Cavalo Atleta, 5., 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2011. p. 94-95.
- BIZZET, M.; CORAZZA, M.; PECCHIA, B.; CURRARINI, L. L'elettrocardiogramma nel cavallo atleta a riposo, com particolare riferimento al punteggio cardfaco. **Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria di Pisa**, v. 46, p. 121-132. 1993.
- BUHL, R.; MELDGAARD, C.; BARBESGAARD, I. Cardiac arrhythmias in clinically healthy showjumping horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, n.38, p.196 – 201. 2010.
- DETWEILER, D.K.; PATTERSON, D.F. The cardiovascular System. In: CATCOOTT E.J. ; SMITHCORS J.E. **Equine Medicine and Surgery**, 2.ed. USA: American Veterinary Publication, 1996. p. 277-347.
- DINIZ, M.P.; MICHIMA, L.E.S.; FERNANDES, W.R. Estudo eletrocardiográfico de equinos de salto sadios. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.31, n.4, p.355-361. 2011.
- DUMONT, C.B.S.; LEITE, C.R.; MORAES, J.M.; ALVES, R.O.; GODOY, R.F.; LIMA, E.M.M. Parâmetros eletrocardiográficos de equinos Puro Sangue Árabe submetidos a exercício prolongado de enduro. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1966-1973. 2010.
- DUMONT, C.B.S.; MORAES, J.M.; LEITE, C.R.; ALVES, R.O.; MOREIRA, M.; MOSCARDINI, A.R.C.; GODOY, R.F.; LIMA, E.M.M. Parâmetros eletrocardiográficos de equinos desclassificados por exaustão em competições de enduro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n.1, p. 20-27. 2011.
- EVANS, D.L. T-waves in the Equine Electrocardiogram: Effects of training and Implications for Race Performance. **Equine Exercise Physiology**, v. 3, p. 475-481. 1991.
- EVANS, D. L. The Cardiovascular System: Anatomy, Physiology, and Adaptations. In:HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine to Exercise and Training**. Philadelphia: W B Saunders, 1994. 129-144 p.
- EVANS, D. L. Cardiovascular Physiology: responses to exercise and training. In: SIMPÓSIO DE FISILOGIA DE EXERCÍCIO EM EQUINOS, 2009, 1., São Paulo: **Anais...** São Paulo, 2009. p. 4-6.
- FAZIO, F.; FERRANTELLI, V.; PICCIONE, G. Variations in some electrocardiographic parameters in the trotter during racing and training. **Veterinary Research Communications**, v. 27, p. 229-232. 2003.
- FERRAZ, G. C.; SOARES, O. A. B.; FOZ, N. S.; CARVALHO, M. P.; QUEIROZ-NETO, A. The workload and plasma ion concentration in a training match session

- of high-goal (elite) polo ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, p. 191-195. 2010.
- FREGIN, G.F. The equine electrocardiogram with standardized body and limb positions. **Cornell Veterinarian**, v. 72, p. 304-324. 1982.
- HAMLIN, R.L.; SMETZER, D.L.; SENTA, T. Atrial activation paths and P waves in horses. **American Journal of Physiology**, v. 219, p. 306-313. 1970.
- HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. Evaluation of performance potential. In: _____. **The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine**. Philadelphia: W B Saunders, 1994. p. 231-244.
- HOLBROOK, T.; BIRKS, E. K.; SLEEPER, M. M.; DURANDO, M. Endurance exercise is associated with increased plasma cardiac troponin I in horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 36, p. 27-31. 2006.
- ILLERA, J.C.; ILLERA, M. Electrocardiography and heart score of horses competing in an endurance ride. **Australian Veterinary Journal**, v. 64, p. 88-89. 1987.
- KINGSTON, J.K.; GEOR, R.J.; MCCUTCHEON, .LJ. Use of dew point hygrometry, direct sweat collection and measurement of body water losses to determine sweating rates in exercising horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 22, p. 108-113. 1997.
- MANASH, H.T.; NAGHADHE, B.D. Eletrocardiographic parameters in purebred kurd horse. **Journal of animal and veterinary advances**, v. 9, n. 21, p. 2698-2703. 2010.
- MARR, C.M.; BOWEN, I.M. **Cardiology of The Horse**. 2. ed. London: Saunders, 2010. 294p.
- NEGRÃO, C.E.; BARRETO, A.C.P. **Cardiologia do Exercício: do Atleta ao Cardiopata**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2010. 725p.
- NIELSEN, K.; VIBE-PETERSEN, G. Relationship between QRS-duration (heart score) and racing performance in totters. **Equine Veterinary Journal**, v. 12, n.2, p. 81-84. 1980.
- PATTESON, M.W. **Equine Cardiology**. Oxford: Blackwell Science, 1996. 254p.
- PICCIONE, G.; ASSENZA, A.; FAZIO, F.; GIUDICE, E.; CAOLA, G. Electrocardiographic changes induced by physical exercise in the jumper horse. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n.4, p. 397-404. 2003.
- RAMOS, A.P.; SOUSA, B.S. **Eletrocardiograma: princípios, conceitos e aplicações**. Centro de estudo de fisiologia do exercício. 2007. Disponível em: <http://www.centrodeestudos.org.br/pdfs/ecg.pdf>
- ROSE, R.J.; ILKIW, J.E.; HODGDON, D. Electrocardiography, heart score and haematology of horses competing in an endurance ride. **Australian Veterinary Journal**, v. 55, p. 247-250. 1979.
- SEVESTRE, J. A eletrocardiografia no cavalo. **A Hora Veterinária**, n.10, p. 28-36. 1982.
- SWENSON, M. J.; REECE W. O. **Dukes: Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 946p.
- STEWART, G.A. The heart score theory in the racehorse. **Australian Veterinary Journal**, v. 57, p. 422-28. 1981.
- STEEL, J. D.; STEWART, G. A. Electrocardiography of the horse and potential performance ability. **Journal of South African Veterinary Association**, v. 45, n. 4, p. 269-271. 1974.
- TEIXEIRA- NETO, Antônio Raphael. **Variáveis fisiológicas e estresse oxidativo de equinos durante campeonato de enduro**. Jaboticabal, SP, 2008. 84f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária), Universidade Estadual Paulista, UNESP.

- VINCENZI, R.C.; LARSSON, M.H.M.A.; FERNANDES, W.R. Parâmetros eletrocardiográficos em equinos clinicamente normais da raça Mangalarga. Parte III: Amplitude e duração dos complexos e intervalos. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 22, p. 194-198. 2000.
- YONEZAWA, L.A.; MACHADO, L.P.; SILVEIRA, V.F.; WATANABE, M.J.; SAITO, M.E.; KITAMURA, S.S.; KOHAYAGAWA, A. Exame eletrocardiográfico em equinos da raça puro sangue árabe submetidos ao exercício em esteira de alta velocidade e à suplementação com vitamina E. **Archives of Veterinary Science**, v.14, n. 3, p. 134-142. 2009.

CAPÍTULO IV

O PAPEL DA FADIGA CARDÍACA, ARRITMIA E PERDA DE PESO CORPORAL INDUZIDAS PELO EXERCÍCIO DE POLO EM EQUINOS SAUDÁVEIS

INTRODUÇÃO

O exercício físico resulta em diversas mudanças no sistema cardiovascular de equinos. Suas adaptações são responsáveis pela habilidade atlética superior destes animais. Em decorrente de sua grande reserva cardiovascular, anormalidades subclínicas podem não ser óbvias em repouso, entretanto o exercício pode induzir problemas como arritmias e movimentação anormal de parede (MARR; BOWEN, 2010). A capacidade de o exercício físico provocar lesão na musculatura esquelética já foi documentada em cavalos de polo (MCGOWAN et al., 2002), por outro lado, pouco se sabe sobre a influência do exercício de alta intensidade na musculatura estriada cardíaca.

Entre os poucos estudos realizados sobre a modalidade polo, o de Marlin e Allen (1999) permitiu comprovar que o esforço físico exercido durante um *Chukker* demanda alta atividade cardíaca, sendo que durante dois minutos, de um total de dez, os animais trabalharam acima de 80% do volume de oxigênio máximo ($VO_{2máx}$) e frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$), e mais de quatro minutos entre 50 e 80% $VO_{2máx}$. Outro estudo relevante referente a esta modalidade foi realizado por Ferraz et al. (2010) e indicou que os cavalos participantes de uma partida treino, considerado alto *handicap*, foram submetidos a um esforço de alta intensidade com alterações significantes nos eletrólitos e equilíbrio ácido-base. Neste aspecto, Holbrook et al. (2006) afirmaram que alterações metabólicas sistêmicas podem, direta ou indiretamente, acarretar alterações da função cardiovascular comprometendo a integridade miocárdica.

Em cavalos de enduro, a fadiga cardíaca induzida pelo exercício (FCIE), que consiste na redução aguda e significativa de uma ou ambas as funções diastólica e sistólica do ventrículo esquerdo após o exercício, (MIDDELTON et al., 2006; LEETMAA et al., 2008; SHAVE et al., 2008), já foi relatada por alguns autores como Amory et al. (2010) e Young (2003). O impacto da FCIE é desconhecido, pois tem demonstrado desaparecer após 24 horas do término do exercício e não estar associado a um grande aumento de marcadores de injúria miocárdica (SHAVE et al.,

2004; SHAVE et al., 2008; MIDDELTON et al., 2006). Contudo, ela pode afetar a performance atlética, assim como influenciar em desordens metabólicas ou alterações na musculatura esquelética (MIDDELTON et al., 2006). Douglas et al. (1987) relataram que, para atletas humanos, esta condição pode ainda assumir importância clínica naqueles que competem com frequência ou por muitos anos, em indivíduos submetidos a competições de alto nível em condições ambientais extremas e ainda naqueles com disfunção cardíaca subjacente ou idoso. Por fim, a FCIE tem sido mencionada como potencialmente responsável por morte súbita induzida por exercício em atletas sem nenhum histórico de doença cardiovascular (MCGAVOCK et al., 2002).

Pouco se sabe sobre as consequências do esforço físico intenso exercido por cavalos em competições de polo em relação à função cardíaca e a perda de peso. Desta forma o objetivo deste estudo foi o de avaliar o potencial arritmogênico do exercício de polo em cavalos saudáveis, a possível ocorrência de fadiga cardíaca induzida pelo exercício e quantificar a perda de peso corporal.

MATERIAL E MÉTODOS

A utilização dos animais para este estudo foi avaliada e aprovada pelo comitê de ética no uso animal do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília sob os protocolos nº 21359/2010 e nº 52412/2010. Foram avaliados 25 equinos, sendo 11 machos e 14 fêmeas, com idade variando de cinco a 15 anos, peso entre 393,5 e 497 kg e altura entre 1,48 e 1,68m. Os animais eram mestiços, porém, todos provenientes da Coudelaria de Rincão do Exército Brasileiro, portanto possuíam o mesmo padrão pré-estabelecido para um cavalo militar. Estes animais faziam parte do pelotão de polo do 1º Regimento de Cavalaria de Guarda e estavam submetidos ao mesmo manejo nutricional e treinamento atlético por no mínimo um ano. Os animais não apresentavam nenhuma anormalidade ao exame clínico de rotina, incluindo a auscultação cardíaca e estavam dentro do padrão de sanidade exigido pela Equipe de Oficiais Veterinários deste regimento.

Os equinos foram avaliados dentro de um período de treinamento regular visando à participação no Campeonato do Exército de Polo/2010, sendo eles componentes da equipe do Comando Militar do Planalto, considerados de baixo *handicap* (até oito gols). Este programa constituiu-se de quatro partidas treino semanal,

sendo que cada animal jogou apenas um *chukker*, ou seja, um tempo de sete minutos por partida treino. Este treinamento iniciou-se no mês de junho e prorrogou-se até a véspera do campeonato, que ocorreu do dia 22 a 25 de julho, totalizando aproximadamente 30 dias. Assim, as avaliações ocorreram no período seco com umidade relativa do ar de aproximadamente 43% e temperatura ambiente média de 25°C.

Cada indivíduo foi submetido a duas avaliações eletrocardiográficas e ecocardiográficas em diferentes momentos. A primeira avaliação foi realizada em repouso, no dia em que os animais não foram treinados, ou seja, não haviam realizado exercício físico por no mínimo 24 horas. Este momento, portanto, foi caracterizado como momento zero (M_0). A segunda avaliação ocorreu dentro do período de cinco a dez minutos após o animal ter jogado um *chukker*, caracterizando assim o momento final (M_f).

Os traçados eletrocardiográficos foram obtidos durante 60 segundos utilizando-se o aparelho C10 TEB, sistema composto por eletrocardiógrafo digital de 12 canais e software ECGPC Veterinário versão 2.27. Foram registradas as derivações bipolares I, II, III e unipolares aumentadas aVR, aVF, aVL, assim como derivações pré cordiais V4 e V10. Os eletrodos foram fixados à pele por meio de condutores metálicos, do tipo jacaré e umedecidos com álcool. Sua disposição seguiu o sistema de derivação bipolar de Dubois, XEG (processo xifóide do osso esterno/osso escápula esquerdo) e XED (processo xifóide do osso esterno/osso escápula direito). Quanto às pré-cordiais, V4 foi fixada no sexto espaço intercostal esquerdo abaixo da junção costocostal e V10 no processo espinhoso da sétima vértebra torácica sendo. De acordo com o objetivo deste estudo, foram avaliadas apenas características eletrocardiográficas que representassem arritmias e fadiga cardíaca, para esse último foram considerados alterações no segmento ST, QTc e onda T.

Visando a análise dos resultados eletrocardiográficos, os dados quantitativos em relação aos momentos M_0 e M_f foram submetidos inicialmente a aplicação de uma análise descritiva, visando assim a obtenção dos valores das médias e desvios-padrão. Em seguida aplicou-se teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov e a partir de então estes foram submetidos à análise por meio do teste “T” de Student, com nível de significância de 5%.

O exame ecocardiográfico procedeu-se no modo M pela janela paraesternal direita, obtendo-se as medidas de diâmetro interno do ventrículo esquerdo em sístole (DVEs) e diástole (DVEd), septo interventricular em sístole (SIVs) e parede livre do ventrículo esquerdo em sístole (PLVEs), seguindo as orientações da Sociedade Americana de Ecocardiografia (REEF, 1990). Para tanto, foi utilizado o aparelho de ecocardiografia modelo Sonosite Elite Plus®, com transdutor convexo banda larga de 2 a 4 MHz com alcance de 25 cm de profundidade.

Foram observados neste estudo apenas os índices ecocardiográficos que representassem fadiga cardíaca. Sendo assim, a fração de encurtamento (FE) foi calculada a partir dos valores obtidos do DVEd e DVEs através da fórmula: $FE = [(DVEd - DVEs) / DVEd] \times 100$ (Rovira & Muñoz 2009). Assim como a fração de ejeção (FE_j) foi obtida pela fórmula $[(VDVE - VSVE) / VDVE] \times 100$. O volume sistólico final do ventrículo esquerdo (VSVE) e volume diastólico final do ventrículo esquerdo (VDVE) foram determinados pela fórmula modificada de Teicholz: $[7 \times (DVE)^3 / 2,4 + DVE]$ (TEICHOLZ et al., 1976; ROVIRA; MUÑOZ, 2009). Por fim o volume sistólico (VS) foi obtido pela diferença entre VDVE e VSVE (ROVIRA ; MUÑOZ, 2009).

Os dados em repouso e após o exercício foram submetidos à análise descritiva, buscando assim a obtenção dos valores relativos à média e desvio padrão. Em seguida, estes foram submetidos a tratamento estatístico por meio da aplicação do teste “U” de Mann-Whitney, com nível de significância de 5% comparando-se os dois momentos. Ainda visando confirmar à possível influência do aumento da FC e DIVEd (pré-carga) nos dados ecocardiográficos, foi aplicado o teste de correlação de Pearson entre estes e os demais índices ecocardiográficos, com nível de significância de 5%.

Para avaliação da perda de peso corporal, foi utilizada uma balança portátil com plataforma adaptada (TOLEDO MGR-3000 Júnior®). Os dados em repouso foram obtidos no mesmo período em que foi realizada a primeira avaliação ecocardiográfica (M₀). Os valores após o exercício foram obtidos ao final da partida treino (M_f), quando todos os animais avaliados nesta ocasião já estivessem sem os acessórios de montaria, sendo que até o momento da pesagem não tiveram acesso a água ou qualquer tipo de alimento.

Os dados em repouso e após o exercício foram submetidos à análise descritiva, buscando assim a obtenção dos valores relativos à média e desvio padrão. Em seguida aplicou-se teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov e a partir de então estes foram

submetidos à análise por meio do teste “T” de Student, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

As médias e desvios-padrão do índice cardíaco QTc obtido por meio da eletrocardiografia e do peso corporal foram expressos na tabela 3.

Tabela 3. Representação do índice eletrocardiográfico QTc e peso corporal (média±desvio-padrão) de equinos de polo em repouso (M₀) e após exercício (M_f)

Índice	Md±Dp	
	M ₀	M _f
Duração de QTc (ms)	382,54±27,27*	458,08±32,44*
Peso (Kg)	427,21±29,77	420,63±32,73

ms = milissegundo, Kg = Quilogramas. Valores com sobrescritos * em uma mesma linha são estatisticamente diferentes.

A média e desvio padrão dos índices funcionais cardíacos, obtidos por meio da ecocardiografia, foram expressos na tabela 4.

Tabela 4. Representação dos índices ecocardiográficos (média±desvio padrão) de equinos de polo em repouso (M₀) e após exercício (M_f)

Índices	Md±Dp	
	M ₀	M _f
SIVs (cm)	4,28±0,35*	4,06±0,40*
DVEs (cm)	5,91±0,81*	6,66±0,75*
PLVEs (cm)	3,74±0,51*	2,96±0,51*
DVEEd (cm)	9,74±0,86	9,60±0,15
VS (ml)	2139,27±556,21*	1722,41±487,66*
FE (%)	39,45±5,29*	30,58±5,58*
FEj (%)	77,06±6,29*	65,43±8,22*
FC (bpm)	35,70±6,27*	77,41±15,418*

Valores com sobrescritos* em uma mesma linha são estatisticamente diferentes. Espessura do septo interventricular em sístole (SIVs); diâmetro interno do ventrículo esquerdo em sístole (DVEs); espessura da parede livre do ventrículo esquerdo em sístole (PLVEs); diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole (DVEEd); volume sistólico (VS); fração de encurtamento (FE); fração de ejeção (FEj); frequência cardíaca (FC).

Tabela 5. Representação dos valores de r da correlação de Pearson

Correlações	FC	DIVEEd
FE (%)	0,12	-0,05
FEj (%)	-0,08	-0,05

FE: Fração de encurtamento, FEj: Fração de ejeção, FC : Frequência cardíaca, DIVEEd: Diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole.

DISCUSSÃO

Potencial arritmogênico

Arritmias cardíacas podem estar presentes antes, durante e após o exercício em cavalos sem nenhuma doença cardíaca e sua interpretação ser difícil. Para Ryan et al. (2005), a ocorrência de despolarização ventricular prematura (DVP) e despolarização supraventricular prematura (DSVP) antes do exercício foi relativamente comum em cavalos clinicamente normais. Outro autor (KIRYU et al., 1999) demonstrou que 30% dos cavalos que apresentavam baixo desempenho atlético tiveram arritmias detectadas durante ou imediatamente após o exercício. Embora muito desses casos tenham sido insignificantes clinicamente, pois ocorreram após o exercício, aproximadamente 10% das arritmias durante o exercício foram consideradas significantes e passíveis de contribuir para a queda de performance. De acordo com Marr e Bowen (2010), em equinos que apresentarem alterações clínicas, ou seja, quando mais do que duas despolarizações prematuras ocorrerem durante o exercício, o débito cardíaco poderá reduzir drasticamente, pois diminuirá o enchimento ventricular e volume sistólico. Isto poderá resultar em queda de performance e fadiga, e dependendo da severidade da arritmia, resultar em colapso e morte súbita.

Em nosso estudo houve ocorrência de 3,7% de arritmia após o exercício de polo, sendo ela apenas um caso de DVP que se repetiu três vezes no mesmo traçado. Para Swenson e Reece (1996) a persistência de arritmias, seja durante o exercício ou imediatamente após, justifica o estabelecimento de um prognóstico reservado, pois a eficiência circulatória é de suma importância nessas ocasiões. Este resultado não excluiu aquelas arritmias que possam ter ocorrido durante o exercício, as quais só poderiam ter sido detectadas ao instante da utilização de holter.

A causa de arritmias pode não ser sempre determinada, contudo, tem sido associada à hipoxemia, isquemia, desordens eletrolíticas e metabólicas ou doença cardíaca pré-existente, tal como a miocardite. Quando a arritmia associada ao exercício é observada, é importante realizar uma completa avaliação de outros sistemas corporais, na tentativa de identificar sua etiologia ou detectar problemas multifatoriais (MARR; BOWEN, 2010).

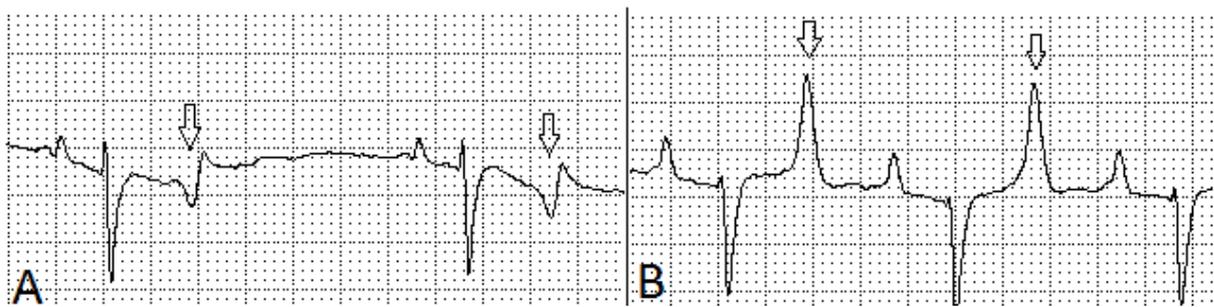


Figura 3. Traçado eletrocardiográfico na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s de um equino antes (A) e após (B) o exercício de polo. As setas indicam a mudança de morfologia da onda T entre os dois momentos avaliados.

Fadiga Cardíaca Induzida pelo Exercício (FCIE)

A influência do exercício de polo na duração do intervalo QT corrigido pela frequência cardíaca (QTc) resultou em um aumento com diferença estatística entre os momentos avaliados (Tabela 3). Dumont et al. (2011) também encontraram aumento significativo deste índice em cavalos após uma competição de enduro de 90 km, e sugeriram a ocorrência de fadiga cardíaca leve, sendo que este índice voltou a normalidade após o repouso. De acordo com Sevestre (1982) o aumento significativo desse índice foi observado em casos de fadiga miocárdica ou miocardite, sendo diretamente proporcional ao estado de fadiga do animal, podendo atingir 550ms em casos de fadiga excessiva e permanecendo entre 450ms e 500ms em fadiga leve. Portanto, evidencia-se que os cavalos de polo sofreram fadiga miocárdica leve, visto que o QTc alcançou 458,08 ms após a partida treino.

Em humanos, o aumento do intervalo QTc (maior que 0,66s) foi considerado um fator predisponente ao desenvolvimento de arritmias ventriculares. Este resultado, quando adquirido, foi associado a distúrbios hidroeletrólíticos como: hipopotassemia, hipomagnesemia e hipocalcemia, ou ainda doença de base, miocardite aguda, pericardite ou de forma idiopática (SCHWARTZ, 1997).

A onda T única positiva após o exercício de polo, embora não avaliada estatisticamente devido à variação frente ao número de animais, demonstrou claramente um aumento de sua amplitude (Figura 2). As alterações na onda T têm sido associadas a condições fisiológicas sistêmicas e patológicas incluindo esforço físico, excitação, drogas, doenças infecciosas, tonus vagal, distúrbios eletrólíticos, hipóxia e miocardite. Como a onda T é altamente lábil e pode ser influenciada por um grande número de diferentes fatores, a quantificação do significado diagnóstico é extremamente difícil. Entre as principais alterações na onda T observadas em

cavalos que tiveram a performance atlética alterada foi a inversão de polaridade e aumento de amplitude (ROSE et al., 1979). A inversão de polaridade foi um achado encontrado entre os cavalos de polo avaliados (Figura 3).

Foi possível destacar que, o mesmo animal que apresentou DVP, apresentou também o maior aumento de amplitude da onda T entre todos os animais do grupo estudado e aumento significativo do QTc ($M_0 = 373s$, $M_f = 470s$). Esta associação pode indicar que este animal não estava apto para executar com segurança o esforço exigido pela modalidade polo podendo apresentar alguma desordem subclínica ou clínica não diagnosticada.

Em eletrocardiografia de esforço, dentro da medicina esportiva humana, o comportamento do segmento ST é o elemento fundamental, pois é o principal marcador de isquemia, sendo que os deslocamentos positivos e negativos desse segmento representam fenômeno isquêmico de origem não obstrutiva e na fase pós-esforço, sendo valorizado de maneira semelhante a sua ocorrência durante a fase de esforço (NEGRÃO; BARRETO, 2010). No entanto, outras variáveis do exame são analisadas concomitantemente ao segmento ST, tornando a análise multifatorial, entre elas as modificações das deflexões P, PR, Q, R, S, J, T e U, respostas clínicas, hemodinâmicas e metabólicas. Hipocalemia, esforço súbito excessivo, sobrecarga acentuada de volume, hiperventilação e hipertrofia ventricular esquerda são algumas das causas não coronarianas de desnivelamento do segmento ST em atletas humanos (NEGRÃO; BARRETO, 2010). Na medicina equina, Boffi (2007) considerou que o desnivelamento do segmento ST poderia indicar hipóxia do miocárdio e/ou alterações nos níveis de potássio e pH. Diniz et al. (2011) e Dumont et al. (2011) relataram que o desnível do segmento ST acima de 0,3 mv poderia ser um indicativo de choque, endotoxemia ou dor abdominal, bem como, distúrbios eletrolíticos. Dumont et al. (2011) verificaram esta anormalidade em 43% dos cavalos de enduro que foram desclassificados por exaustão e consideraram que a desidratação poderia promover choque hipovolêmico, reduzindo substancialmente o volume e o tempo de diástole, assim como o suprimento sanguíneo e o fornecimento de oxigênio ao miocárdio. Pontualmente dois dos equinos avaliados neste estudo apresentaram desnível ST acima de 0,3mV após o exercício de polo.

Os resultados do ecocardiograma demonstraram significativa redução da função ventricular esquerda (SIVs, PLVEs, VS, FE, FEj) após o exercício de polo em cavalos saudáveis. Sendo que, a redução da espessura do miocárdio em sístole sugeriu, de

acordo com Marr e Bowen (2010), que a contratilidade do miocárdio foi comprometida, pois a mesma deveria aumentar com a estimulação simpática induzida pelo exercício causando aumento da espessura do SIV e PLVE durante a sístole. A redução do VS coincidiu com o mencionado por Bello et al. (2009) para cavalos de enduro que percorreram 90 e 120 km. Para Dávila-Roman et al. (1997) e Kalliokoski et al. (2004) essa redução no período imediatamente após o exercício foi um indicativo de fadiga cardíaca por esforço.

Segundo Evans (2004), a fração de encurtamento (FE) forneceu uma indicação da contratilidade cardíaca. Para Douglas et al. (1987) a redução da FE poderia estar relacionada à intensidade do exercício, pois esta alteração tendeu a ser maior entre aqueles com os menores tempos durante a corrida, sendo que para Kalliokoski et al. (2004) foi um sinal de fadiga cardíaca. Outro método comum para avaliação da função sistólica foi à obtenção dos índices da fração de ejeção (FEj) ventricular, que representou o desempenho ventricular esquerdo de um modo global (BOON, 1998). Coincidindo com nosso achado, uma análise quantitativa realizada com equinos após exercício em esteira rolante, verificou-se que a FEj diminuiu significativamente após o exercício em comparação com os valores basais sinalizando a ocorrência de uma depressão da função ventricular esquerda após o exercício (SCHEFER et al., 2010).

Os resultados do estudo de Amory et al (2010), também demonstraram alterações significativas na maioria dos parâmetros de avaliação da função sistólica do VE (FE, FEj e VS) após a realização de exercício prolongado por cavalos saudáveis, sugerindo a ocorrência de disfunção sistólica do VE induzida pelo exercício. No entanto, concordando com Boon (1998), estes autores mencionaram que estes resultados deveriam ser interpretados com cautela, visto que, as mudanças poderiam ser explicadas pelo aumento simultâneo da FC e diminuição da pré-carga do VE, como sugerido pela diminuição do DIVEd. Por outro lado, este mesmo autor não encontrou correlação significativa dos parâmetros alterados e a FC e DIVEd. Em nosso estudo, o teste de correlação também indicou fraca correlação entre estes parâmetros como expressos na tabela 5.

Os mecanismos intercorrentes do exercício físico responsáveis pela lesão miocárdica e disfunção cardíaca resultante ainda precisam ser melhores elucidados. Mas, especula-se que esta disfunção possa ocorrer em decorrência de hipoxemia, isquemia ou doença miocárdica primária (MARR; BOWEN, 2010), ou ainda, de acordo com Banks (1992) por conduzir ao metabolismo anaeróbico que não podem

sustentar a contração do músculo cardíaco, devido á inadequada produção de energia. Igualmente, esses mecanismos de injúria miocárdica podem causar uma instabilidade elétrica e aumento do potencial arritmogênico do músculo cardíaco (YONEZAWA et al., 2009).

Swenson e Reece (1996) retrataram diversas causas para a depressão da função cardíaca e arritmias, muitas delas seriam condições que poderia estar associadas ao exercício. Sendo assim, estes autores mencionaram que além da hipoxemia, a hipercapnia e a acidose em graus adequados deprimiram a contratilidade do miocárdio. Em geral, entende-se que distúrbios eletrolíticos graves, distúrbios ácido-básicos ou doença metabólica afetarão os gradientes eletroquímicos das células miocárdicas, gerando um eletrocardiograma anormal. Alterações no equilíbrio ácido-base e hidroeletrólíticos foram relatadas por Ferraz et al. (2010) em cavalos após competições de polo.

Em relação à temperatura Swenson e Reece (1996) citaram que, quando o coração se aproxima do limite térmico, a contratilidade e a condução do miocárdio são deprimidas, logo, concluíram que hipertermia diminui a função cardíaca. Neste aspecto, Boffi (2007) inferiu que a produção de calor está diretamente relacionada à intensidade do exercício, já que o consumo energético é maior, portanto maior é a produção de calor.

No tocante FC, Swenson e Reece (1996) explanaram que dependendo do estado fisiológico do sistema circulatório, quando a FC acelera um ponto é atingido onde o aumento da FC, mais adiante, resulta em decréscimo progressivo do rendimento cardíaco. Então, FC excessivas resultam em diminuição do rendimento cardíaco. Sendo assim, Marlin e Allen (1999) ao estudarem a FC de cavalos de polo durante um *chukker* observaram que média da FC se manteve em 44% do tempo inferior a 75% da $FC_{máx}$, 39% entre 75 e 90% da $FC_{máx}$ e 17% do tempo acima de 90% da $FC_{máx}$, concluindo que os cavalos de polo foram submetidos de moderada a alta tensão sobre o sistema cardiovascular.

Perda de peso corporal

A perda de peso corpóreo foi em média de 1,54% após um *chukker*, sem diferença estatística entre o M_0 e M_f . Por outro lado, individualmente houve variações de 3,72%, 5,32% e até 9% de perda de peso, sendo estes valores, por vezes comparável ao observado em cavalos após competição de enduro, como

2,4% (DUMONT et al., 2010) e 5,27% (TEIXEIRA-NETO, 2006) e por vezes acima dos valores desta modalidade. Para Kingston et al. (1997), a mensuração da perda de peso corporal seria uma forma confiável de se estimar a perda de fluidos por meio do suor em equinos exercitados. Sabendo ainda que Ferraz et al. (2010) observaram alterações agudas consideráveis nos eletrólitos e equilíbrio ácido-base após partida treino de polo, percebe-se a importância de se respeitar um intervalo de repouso entre duas partidas para que estes animais recuperem tais perdas ou até mesmo, considerar individualmente, a necessidade de intervenção de suporte clínico a animais com perda hidroeletrolítica após o exercício de polo em condições ambientais extremas.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através da eletrocardiografia demonstraram que o exercício de polo foi capaz de provocar arritmia, sendo ela a despolarização ventricular prematura no período entre cinco e dez minutos após o término do esforço físico, não podendo excluir aquelas que possam ter ocorrido durante o exercício. Outros achados eletrocardiográficos sugeriram fadiga cardíaca induzida pelo exercício coincidindo com os resultados da ecocardiografia, quando se observou significativa redução da função ventricular esquerda. Não foi possível estabelecer de forma precisa a etiologia destas disfunções, logo, novos estudos devem ser realizados visando o estabelecimento deste.

A perda de peso corporal em média não foi significativa, porém houve ampla variação individual. Devemos respeitar o período de repouso entre duas partidas para recuperação de perdas hidroeletrolíticas ou até considerar de forma individual, a necessidade de intervenção clínica de suporte após exercício de polo.

REFERÊNCIAS

- AMORY, H.; VOTION, D.M.; FRAIPONT, A.; GOACHET, A. G.; ROBERT, C.; FARNIR, F.; VAN, E. Altered systolic left ventricular function in horses completing a long distance endurance race. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, n.38, p. 216-219. 2010.
- BANKS, W.J. **Histologia Veterinária Aplicada**, 2.ed , São Paulo: Manole, 1992. 631p.
- BELLO, C. A. O.; RAJÃO, M.D.; TEIXEIRA-NETO, A.R.; VASCONCELOS, C.E.S.; LIMA, E. M. M. Echocardiographic evaluation of cardiac functional indices on horses performing endurance exercise. In: CONGRESS OF THE WORLD EQUINE VETERINARY ASSOCIATION, X CONFERÊNCIA ANUAL DA

- ABRAVEQ E V CONGRESSO INTERNACIONAL FEI/CBH, 2009,11., Guarujá: WEVA. **Resumos...** Guarujá. 2009.
- BOFFI, F. M. **Fisiologia del Ejercicio en Equinos**, Buenos Aires: Inter-médica, 2007. 302 p.
- BOON J. A. Evaluation of size, function and hemodynamics. In:_____. **Manual of Veterinary Echocardiography**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1998. p.151-260.
- DÁVILA-ROMÁN, V.G.; GUEST, T.M.; TUTEUR, P.G.; ROWE, W.J.; LADENSON, J.H.; JAFFE, A.S. Transient right but not left ventricular dysfunction after strenuous exercise at high altitude. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 30, n.2, p. 468-473. 1997.
- DINIZ, M.P.; MICHIMA, L.E.S.; FERNANDES, W.R. Estudo eletrocardiográfico de equinos de salto sadios. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 355-361. 2011.
- DOUGLAS, P.S.; O'TOOLE, M.L.; HILLER, W.D.; HACKNEY, K.; REICHEK, N. Cardiac fatigue after prolonged exercise. **Circulation**, v. 76, p. 1206-1213. 1987.
- DUMONT, C.B.S.; MORAES, J.M.; LEITE, C.R.; ALVES, R.O.; MOREIRA, M.; MOSCARDINI, A.R.C.; GODOY, R.F.; LIMA, E.M.M. Parâmetros eletrocardiográficos de equinos desclassificados por exaustão em competições de enduro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63 n. 1, p. 20-27. 2011.
- EVANS D. Exercise testing in the field. In: HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.J.; GEOR, R.J. **Equine Sports Medicine and Surgery**. London: Sauders, 2004. p. 9-18.
- FERRAZ, G. C.; SOARES, O. A. B.; FOZ, N. S.; CARVALHO, M. P.; QUEIROZ-NETO, A. The workload and plasma ion concentration in a training match session of high-goal (elite) polo ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, n. 38, p. 191-195. 2010.
- HOLBROOK, T.; BIRKS, E. K.; SLEEPER, M. M.; DURANDO, M. Endurance exercise is associated with increased plasma cardiac troponin I in horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 36, p. 27-31. 2006.
- KALLIOKOSKI, K.K.; LAAKSONEN, M. S.; LOUTOLAHTI, M.; LAINE, H.; TAKALA, T.O.; NUUTILA, P.; KNUUTI, J. Myocardial perfusion after marathon running. Scandinavian. **Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 14, n. 1, p. 208-214. 2004.
- KIRYU, K.; MACHIDA, N.; KASHIDA, Y.; YOSHIHARA, T.; AMADA, A.; YAMAMOTO T. Pathologic and electrocardiographic findings in sudden cardiac death in racehorses. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 61, n. 8, p. 921-928. 1999.
- LEETMAA, T.H.; DAM, A.; GLINTBORG, D.; MARKENVARD, J.D. Myocardial response to a triathlon in male athletes evaluated by Doppler tissue imaging and biochemical parameters. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 18, p. 698-705. 2008.
- MARLIN, D. ; ALLEN, J. Cardiovascular demands of competition on low-goal (non-elite) polo ponies. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 31, n.5, p. 378-82. 1999.
- MARR, C.M.; BOWEN, I.M. **Cardiology of The Horse**. 2.ed. London: Saunders, 2010. 294p.
- MCGOWAN, C.M.; POSNER, R.E.; CHRISTLEY, R.M. Incidence of exertional rhabdomyolysis in polo horses in the USA and the United Kingdom in the 1999/2000 season. **Veterinary Record**, v. 150, p. 535-537. 2002.

- MCGAVOCK, J.; WARBURTON, D.E.R.; TAYLOR, D.; WELSH, R.C.; QUINNEY, H.A.; HAYKOWSKY, M.J. The effects of prolonged strenuous exercise on left ventricular function: a brief review. **Heart Lung**, v. 31, p. 279-292. 2002.
- MIDDELTON, N.; SHAVE, R.; K., WHYTE G.; HART, E. Left ventricular function immediately following prolonged exercise: a meta-analysis. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, p. 681-687. 2006.
- NEGRÃO, C.E.; BARRETO, A.C.P. **Cardiologia do Exercício: do Atleta ao Cardiopata**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2010. 725p.
- REEF, V.B. Echocardiographic examination in the horse: the basics. **Compendium on Continuing Education for the Veterinarian Practicing**, v.12, n. 9, p. 312-319. 1990.
- ROVIRA, S.; MUÑOZ, A. Two-Dimensional- and M-Mode Echocardiographic Measurements and Indices of Cardiac Function in Spanish Colts and Fillies of Different Age. **Journal Veterinary Medicine Science**, v. 71, n. 7, p. 957-964. 2009.
- ROSE, R.J.; ILKIW, J.E.; HODGDON, D. Electrocardiography, heart score and haematology of horses competing in an endurance ride. **Australian Veterinary Journal**, v. 55, p. 247-250. 1979.
- RYAN, N.; MARR, C.M.; MCGLADDERY, A.J.. Survey of cardiac arrhythmias during submaximal and maximal exercise in Thoroughbred racehorses. **Equine Veterinary Journal**, v.37, n.3, p.265-268. 2005.
- SEVESTRE, J. A eletrocardiografia no cavalo. **A Hora Veterinária**, n. 10, p. 28-36. 1982.
- SHAVE, R.; DAWSON, E.; WHYTE, G.; GEORGES, K.; GAZE, D.; COLLINSON, P. Altered cardiac function and minimal cardiac damage during prolonged exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, p. 1098-1103. 2004.
- SHAVE, R.; GEORGE, K.; WHYTE, G.; HART, E.; MIDDELTON, N. Postexercise changes in left ventricular function: the evidence so far. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, p. 1393-1399. 2008.
- SCHEFER, K.D.; BITSCHNAU, C.; WEISHAUPT, M.A.; SCHWARZWALD, C.C. Quantitative analysis of stress echocardiograms in healthy horses with 2-dimensional (2d) echocardiography, anatomical m-mode, tissue doppler imaging, and 2d speckle tracking. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 24, p. 918-931. 2010.
- SCHWARTZ, P. J. The long QT syndrome. **Current Problems in Cardiology**, v. 22, p. 299-351. 1997.
- TEICHOLZ, L.E.; KREULEN, T.; HERMAN, M.V. Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of synergy. **American Journal of Cardiology**, v. 37, p. 7-11. 1976.
- YONEZAWA, L.A.; MACHADO; L.P.; SILVEIRA, V.F.; WATANABE, M.J.; SAITO, M.E.; KITAMURA, S.S.; KOHAYAGAWA, A. Exame eletrocardiográfico em equinos da raça puro sangue árabe submetidos ao exercício em esteira de alta velocidade e à suplementação com vitamina E. **Archives of Veterinary Science**, v.14, n. 3, p. 134-142. 2009.
- YOUNG, L. E. Equine athletes, the equine athletes' heart and Racing success. **Experimental Physiology**, v. 88, p. 306-309. 2003.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente estudo, demonstramos que o esforço físico requerido pela modalidade polo provocou diversas alterações na função cardíaca de equinos saudáveis, comprovadas por meio da ecocardiografia e eletrocardiografia. Muitos destes resultados foram considerados fisiológicos devido a fatores inerentes ao exercício, incluindo adaptações ao treinamento regular e respostas agudas para suprir a nova demanda do organismo em atividade física intensa. Outros resultados sugeriram alta demanda cardíaca, com capacidade de provocar arritmias e deprimir a função ventricular esquerda no período de cinco a dez minutos após o esforço. Alguns resultados foram controversos entre as literaturas consultadas e de difícil definição quanto à etiologia e o prognóstico, indicando a necessidade de mais estudos nesta área. Porém, a partir destes resultados parece apropriado a inclusão de uma avaliação cardíaca de triagem para que os animais iniciem as atividades atléticas da modalidade polo com segurança. Define-se ainda que deva ser estabelecido um programa de treinamento que vise o condicionamento do sistema cardiovascular. A perda de peso corporal não foi significativa quando considerado o grupo, porém individualmente observamos perdas consistentes que poderiam caracterizar um quadro de desidratação, sendo assim, deve-se ter atenção aos sinais clínicos de desidratação e ao período de recuperação destes animais. Novos estudos são necessários para acompanhar o tempo necessário de recuperação cardíaca, definir se estas alterações são acompanhadas de lesão miocárdica e identificar o que este tipo de esforço pode provocar em longo prazo tanto na função cardíaca como em sua estrutura.

ANEXO I - RESUMOS PUBLICADOS EM EVENTOS

ANEXO I.1 – Resumo expandido aceito no SIMCAV (Abril/2011)

AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DE EQUINOS APÓS EXERCÍCIO DE POLO **Echocardiographic evaluation of ponies after polo exercise**

Bello C.A.O¹; Dumont C.B.S¹; Souza T.C¹; Palma, J.M¹; Toralles M¹; Lima E.M.M¹;
Godoy R.F¹; Borges R.J¹.

¹ Universidade de Brasília - Faculdade de agronomia e medicina veterinária (FAV)
mylabello@hotmail.com

RESUMO

Considerando a complexidade do esforço físico inerente a cavalos em competições de polo e da carência de relatos na literatura sobre os efeitos cardíacos resultantes de um *chukker*, associado ainda a dinâmica do peso, o objetivo deste estudo foi de avaliar por meio da ecocardiografia, 27 equinos atletas de polo, submetidos à partida treino, em repouso e após o exercício. Os resultados demonstraram que esta modalidade alterou diversos índices ecocardiográfico no período de cinco a dez minutos do término de um *chukker*. Foram eles, estruturais com: redução da espessura do septo interventricular e parede livre do ventrículo esquerdo e aumento do diâmetro interno do ventrículo esquerdo em sístole, e funcionais como: aumento do débito cardíaco e frequência cardíaca, enquanto que o volume sistólico, a fração de encurtamento e a fração de ejeção reduziram. Houve perda significativa de peso corporal, entretanto este achado não foi associado às alterações ecocardiográficas. Estas alterações demonstraram que a demanda cardíaca foi alta, sugerindo fadiga cardíaca transitória indicando a importância de um acompanhamento físico e treinamento cardiovascular específico para esta modalidade.

Palavras-chave: Cavalos de polo, função cardíaca, índices ecocardiográficos

ABSTRACT

Considering the complexity of the physical effort inherent in polo ponies in competitions and the lack of reports about the cardiovascular effects resulting from a *Chukka*, yet the dynamics of the associated weight, the aim of this study was to

evaluate by echocardiography, 27 polo ponies athletes who underwent training starting at rest and after exercise. The results showed that this method has changed several echocardiographic indexes within five to ten minutes before the end of a *Chukka*. It was they, as structural index, thickness reduction interventricular septum and left ventricular free wall and increased left ventricular diameter, and functional as an increase in cardiac output and heart rate, while stroke volume, fractional shortening and ejection fraction reduced. There was significant loss of body weight, however this finding was not associated with echocardiographic abnormalities. These changes demonstrated that cardiac demand was high, suggesting cardiac fatigue and indicating the importance of the physical and cardiovascular training specific to this modality.

Keywords: Cardiac function, echocardiographic, polo ponies

INTRODUÇÃO

Considerando a complexidade do esforço físico inerente a cavalos em competições de polo e da carência de relatos na literatura sobre os efeitos cardíacos resultantes de um *chukker*, associado ainda a dinâmica do peso, o objetivo deste estudo foi o de identificar e avaliar os efeitos morfológicos e funcionais cardíacos de equinos, logo após exercício de polo estabelecendo ainda valores ecocardiográficos de referência para caracterizar e acompanhar a extensão de alterações causadas pelo exercício.

MATERIAIS E MÉTODO

Foram avaliados para este estudo 27 equinos atletas da modalidade polo, sendo eles componentes da equipe do comando militar do planalto considerado baixo handicap (até oito gols).

O exame ecocardiográfico procedeu-se no modo M pela janela paraesternal direita seguindo as orientações da Sociedade Americana de Ecocardiografia (Reef, 1990). A primeira avaliação foi realizada em repouso caracterizado como momento zero (M_0) e a segunda avaliação ocorreu no período entre cinco e dez minutos após o animal ter jogado um *chukker* de sete minutos, caracterizando assim o momento final (M_f). Para avaliação da perda de peso corporal, foi utilizada uma balança portátil com plataforma adaptada (TOLEDO MGR-3000 Júnior®) em ambos os momentos (M_0 , M_f).

Os dados em repouso e após o exercício foram submetidos à análise descritiva, buscando assim a obtenção dos valores relativos à média e desvio padrão. Em seguida, foi realizado o tratamento estatístico por meio da aplicação do teste “U” de Mann-Whitney, com nível de significância de 5% comparando-se os dois momentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média e desvio padrão dos índices funcionais cardíacos, obtidos por meio da ecocardiografia, e do peso corporal dos animais empregados neste estudo, foram expressos na tabela 1.

Tabela 1 - Representação dos índices ecocardiográficos e peso corporal (média±desvio padrão) de equinos de polo em repouso (M₀) e após exercício (M_f).

Variáveis	M ₀	M _f
SIVs (cm)	4,28±0,35*	4,06±0,40*
DVEs (cm)	5,91±0,81*	6,66±0,75*
PLVEs (cm)	3,74±0,51*	2,96±0,51*
SIVd (cm)	3,15±0,35*	2,87±0,28*
DVEd (cm)	9,74±0,86	9,60±0,15
PLVEd (cm)	2,60±0,51*	1,80±0,32*
DC (l/min)	78,14±29,16*	133,86±38,71*
VS (ml)	2139,27±556,21*	1722,41±487,66*
FE (%)	39,45±5,29*	30,58±5,58*
FEj (%)	77,06±6,29*	65,43±8,22*
FC (bpm)	35,70±6,27*	77,41±15,418*
Peso (Kg)	426,96±329,22*	420,48±132,10*

Valores com sobrescritos* em uma mesma linha são estatisticamente diferentes. Espessura do septo interventricular em sístole (SIVs); diâmetro interno do ventrículo esquerdo em sístole (DVEs); espessura da parede livre do ventrículo esquerdo em sístole (PLVEs); Espessura do septo interventricular em diástole (SIVd); diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole (DVEd); espessura da parede livre do ventrículo esquerdo em diástole (PLVEd); débito cardíaco (DC); volume sistólico (VS); fração de encurtamento (FE); fração de ejeção (FEj); frequência cardíaca (FC).

Os resultados observados sugerem que a contratilidade do miocárdio foi comprometida após o exercício de polo, pois de acordo com Marr e Bowen (2010) a contratilidade miocárdica deve aumentar com o exercício causando aumento da espessura do SIV e PLVE durante a sístole. A resposta do miocárdio representado pela espessura SIV e PLVE após o exercício foi variável entre os autores que retrataram diferentes modalidades de esforço (Bello et al., 2009; Schefer et al.,

2010), com isto sugere-se que estas alterações podem estar relacionadas com o tipo de exercício executado.

De acordo com os resultados encontrados para VS, FE e FEj, sugere-se que o exercício de polo demandou alta carga de atividade cardíaca e que possivelmente contribuiu para ocorrência de fadiga miocárdica transitória. De acordo com Douglas et al. (1987), esta condição pode assumir importância clínica em atletas que competem com frequência ou por muitos anos, em animais submetidos a competições de alto nível em condições ambientais extremas e ainda naqueles com disfunção cardíaca subjacente e idosos.

CONCLUSÃO

O exercício de polo alterou diversos índices ecocardiográfico no período de cinco a dez minutos do término de um *chukker*, sugerindo que o exercício de polo demandou alta carga de atividade cardíaca e que possivelmente contribuiu para ocorrência de fadiga miocárdica transitória.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BELLO, C. A. O.** et al. Echocardiographic evaluation of cardiac functional indices on horses performing endurance exercise. in: 11 congress of the world equine veterinary association, X CONFERÊNCIA ANUAL DA ABRAVEQ and V CONGRESSO INTERNACIONAL FEI/CBH, 2009, Guarujá. WEVA, 2009.
- DOUGLAS, P.S.** et al. Cardiac fatigue after prolonged exercise. *Circulation*, v. 76, p. 1206-1213, 1987.
- MARR, C.M.; BOWEN, I.M.** Cardiology of the horse. 2 ed. London: Saunders, 2010, p.294.
- REEF, V.B.** Echocardiographic examination in the horse: the basics. *Compendium on Continuing Education for the Veterinarian Practicing*, v.12, n.9, p.312-319, 1990.
- SCHEFER, K.D.** et al. Quantitative analysis of stress echocardiograms in healthy horses with 2-dimensional (2d) echocardiography, anatomical m-mode, tissue doppler imaging, and 2d speckle tracking. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, v.24, p.918-931, 2010.

ANEXO II – TABELAS

ANEXO II. 1 – Tabela 6. Valores de referência das dimensões cardíacas mensuradas pela ecocardiografia em modo M de equinos de diferentes pesos (adaptado de Marr e Bowen, 2010).

Variáveis	125–306 kg (Md±Dp)	274–469 kg (Md±Dp)	454–620 kg (Md±Dp)
SIVd (cm)	1.7 ± 0.3	2.4 ± 0.2	2.8 ± 0.2
SIVs (cm)	2.3 ± 0.4	3.8 ± 0.5	4.6 ± 0.5
DIVEd (cm)	6.1 ± 1.0	8.9 ± 1.4	11.2 ± 0.8
DIVEs (cm)	3.8 ± 0.4	5.9 ± 0.9	7.3 ± 0.8
PLVEd (cm)	1.6 ± 0.4	2.2 ± 0.5	2.5 ± 0.3
PLVEs (cm)	2.2 ± 0.4	2.7 ± 0.8	3.8 ± 0.3

Espessura do septo interventricular em diástole (SIVd); Espessura do septo interventricular em sístole (SIVs); diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole (DIVEd); diâmetro interno do ventrículo esquerdo em sístole (DIVEs); espessura da parede livre do ventrículo esquerdo em diástole (PLVEd); espessura da parede livre do ventrículo esquerdo em sístole (PLVEs).

ANEXO II. 2 - Tabela 7. Valore de referência da duração dos complexos e intervalos eletrocardiográficos (base-ápice) em equinos saudáveis (adaptado de Marr e Bowen, 2010).

Índices	Duração (s)
P	≤ 0,16
P-R	≤ 0,5
QRS	≤ 0,14
Q-T	≤ 0,6

ANEXO III - DECLARAÇÃO

ANEXO III. 1 – Declaração de aprovação do projeto utilizando ecocardiografia em equinos pelo Comitê de Ética no Uso Animal.

 <p>Universidade de Brasília Instituto de Ciências Biológicas Comitê de Ética no Uso Animal</p>
<p>Brasília, 30 de junho de 2010.</p>
<p>DECLARAÇÃO</p>
<p>Declaramos que o projeto intitulado “Avaliação Ecocardiográfica de Cavalos de Pólo em Diferentes Estágios de Treinamento”, UnBDOC nº. 21359/2010, sob responsabilidade do Prof. Dr. Eduardo Maurício Mendes de Lima, foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal (CEUA) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.</p>
<p> Prof. Antonio Sebben Coordenador do CEUA</p> <p></p>

ANEXO III. 2 – Declaração de aprovação do projeto utilizando eletrocardiografia em equinos pelo Comitê de Ética no Uso Animal.

 <p>Universidade de Brasília Instituto de Ciências Biológicas Comitê de Ética no Uso Animal</p>
<p>Brasília, 3 de agosto de 2010.</p>
<p>DECLARAÇÃO</p>
<p>Declaramos que o projeto intitulado “<i>Avaliação Eletrocardiográfica em Cavalos de Pólo</i>”, UnBDOC nº. 52412/2010, sob responsabilidade do Prof(a). Dr(a). Eduardo Maurício Mendes de Lima, foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal (CEUA) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.</p>
<p> Prof. Antonio Sebben Coordenador do CEUA</p> <p></p>