

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 11/10/2025.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITOS DO CONDICIONAMENTO SOBRE A FUNÇÃO
VENTRICULAR ESQUERDA DE EQUINOS JOVENS DA
RAÇA PURO SANGUE ÁRABE**

Gabriel Vieira Ramos

Médico Veterinário

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITOS DO CONDICIONAMENTO SOBRE A FUNÇÃO
VENTRICULAR ESQUERDA DE EQUINOS JOVENS DA
RAÇA PURO SANGUE ÁRABE**

Discente: Gabriel Vieira Ramos

Orientador: Prof. Dr. José Corrêa de Lacerda-Neto

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Nelson Gava

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Ciências Veterinárias**

2023

R175e

Ramos, Gabriel Vieira

Efeitos do condicionamento sobre a função ventricular esquerda de equinos jovens da raça Puro Sangue Árabe / Gabriel Vieira Ramos. -- Jaboticabal, 2023

57 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: José Corrêa Lacerda-Neto

Coorientador: Fábio Nelson Gava

1. Cardiologia. 2. Cardiologia veterinária. 3. Ecocardiografia veterinária. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITOS DO CONDICIONAMENTO SOBRE A FUNÇÃO VENTRICULAR ESQUERDA DE EQUINOS JOVENS DA RAÇA PURO SANGUE ÁRABE

AUTOR: GABRIEL VIEIRA RAMOS

ORIENTADOR: JOSÉ CORRÊA DE LACERDA NETO

COORDINADOR: FÁBIO NELSON GAVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Veterinárias, área: Saúde Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOSÉ CORRÊA DE LACERDA NETO (Participação Presencial)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Profa. Dra. ROSÂNGELA DE OLIVEIRA ALVES CARVALHO (Participação Virtual)
Departamento de Medicina Veterinária / Universidade Federal de Goiás (UFG) - Goiânia/GO

Profa. Dra. ANNELESE CARLA CAMPESINI DOS SANTOS (Participação Presencial)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 11 de outubro de 2023

gov.br Documento assinado digitalmente
ANNELESE CARLA CAMPESINI DOS SANTOS
Data: 17/10/2023 11:29:15-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

gov.br Documento assinado digitalmente
ROSÂNGELA DE OLIVEIRA ALVES CARVALHO
Data: 17/10/2023 11:10:33-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Gabriel Vieira Ramos, nascido em Ribeirão Preto no dia 08 de maio de 1996, é filho de Antônio Carlos Ramos e Maria Elena Vieira Ramos. Graduiu-se médico veterinário em 2020 pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – câmpus de Jaboticabal. Em 2017 tornou-se membro do Laboratório de Medicina Esportiva Equina da mesma instituição sob orientação do Prof. Dr. José Corrêa de Lacerda-Neto. Possui experiência em fisiologia, clínica médica e medicina do esporte equino com foco em cardiologia.

EPIÍGRAFE

“Inferior a todos os seus pares no reino animal, enxergando menos, ouvindo menos, cheirando menos, menos veloz, menos ágil o homem fatalmente seria um escravo. O cavalo fez dele um rei.”

Al-Mutanabbi

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo fomento concedido (processo nº 2021/06368-6).

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da FCAV-Unesp, pela oportunidade e suporte acadêmico.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Revisão de Literatura.....	2
1.2.1. Condicionamento físico em equinos.....	2
1.2.2. Efeitos do condicionamento sobre o sistema cardiovascular.....	3
1.3. Referências.....	5
CAPÍTULO 2 – Efeitos do condicionamento sobre a função ventricular esquerda de equinos jovens da raça Puro Sangue Árabe	9
Resumo.....	9
Introdução	10
Material e Métodos.....	11
Resultados.....	15
Discussão.....	29
Conclusões.....	32
Referências.....	32
1.4. APÊNDICES.....	39
1A. Protocolo do teste de estresse.....	40
2A. Protocolo de condicionamento detalhado de acordo com as sessões realizadas.....	41
3A. Variáveis analisadas pelo modo M, uso do Doppler pulsátil e Doppler tecidual para avaliação da função ventricular esquerda de equinos jovens Puro Sangue Árabe em repouso e imediatamente após teste de estresse (TStress).....	42

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal

**CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS****C E R T I F I C A D O**

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO VENTRICULAR ESQUERDA POR MEIO DA ECODOPPLERCADIOGRAFIA EM EQUINOS PURO SANGUE ÁRABE APÓS TESTE DE ESTRESSE EM ESTEIRA ROLANTE"**, protocolo nº 1795/21, sob a responsabilidade do Prof. Dr. José Corrêa de Lacerda Neto, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 19 de agosto de 2021.

Vigência do Projeto	25/08/2021 a 25/08/2023
Espécie / Linhagem	<i>Equus caballus</i>
Nº de animais	10
Peso / Idade	339 a 442 kg / 4 a 11 anos
Sexo	6 machos e 4 fêmeas
Origem	Setor de Equinocultura da FCAV — Câmpus de Jaboticabal

Jaboticabal, 19 de agosto de 2021.


Profa. Dra. Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

EFEITOS DO CONDICIONAMENTO SOBRE A FUNÇÃO VENTRICULAR ESQUERDA DE EQUINOS JOVENS DA RAÇA PURO SANGUE ÁRABE

RESUMO – O condicionamento físico promove alterações na homeostase que levam a alterações metabólicas importantes em diversos sistemas, dentre eles o sistema cardiovascular. Nos equinos, diversos estudos avaliaram protocolos baseados nas concentrações plasmáticas de lactato, entretanto, poucos autores analisaram a influência destes sobre a função cardíaca. O presente trabalho tem como objetivo estudar as respostas adaptativas sobre a função do ventrículo esquerdo (VE) de equinos jovens, avaliada em repouso e imediatamente após teste de estresse físico (TStress), promovidas pelo condicionamento físico de seis semanas baseado na carga externa necessária para obter concentração plasmática de lactato igual a 2 mmol/L (V_2). Foram utilizados 14 equinos da raça Puro Sangue Árabe jovens, com idades de (média $\pm$ dp) $28,42 \pm 3,75$ meses, sem histórico de condicionamento físico. Os animais foram avaliados por meio da ecocardiografia realizada em repouso e imediatamente após TStress feita antes e após período de condicionamento de seis semanas baseado na V_2 determinada por teste de esforço incremental (TEI) realizado em esteira rolante. Houve melhora na capacidade aeróbia dos animais haja vista o aumento da V_2 ($5,214 \pm 0,328$ vs. $6,763 \pm 0,434$) e V_4 ($5,857 \pm 0,42$ vs. $7,691 \pm 0,549$) ($p < 0,001$) após o período de condicionamento. Houve também reduções da frequência cardíaca (FC) em repouso e da maior FC atingida durante o TStress ($p < 0,001$). O condicionamento promoveu redução no diâmetro interno associado a aumentos nas espessuras do septo interventricular, parede posterior, espessura média e massa do VE ($p < 0,05$). A avaliação realizada após TStress nos animais condicionados revelou aumentos na integral tempo-velocidade (ITV), volume ejetado (Vej), índices sistólico (IS) e cardíaco (IC), tempos de ejeção (TEj) e desaceleração (TD), volume diastólico final (VDF), tempo para o início da velocidade miocárdica radial durante a fase diastólica inicial (tE_m) e tempo para a máxima velocidade do fluxo trasmitral (tEA) com reduções no período pré-ejeção (PPE) e nas razões PPE/TEj, velocidade circunferencial das fibras miocárdicas (Vcf). O protocolo de condicionamento foi capaz de melhorar a capacidade aeróbia dos animais e promover o remodelamento cardíaco associado à melhora da função ventricular esquerda.

Palavras-chave: ecocardiografia, esteira rolante, função cardíaca, lactato, treinamento

EFFECTS OF CONDITIONING ON LEFT VENTRICULAR FUNCTION IN YOUNG PUREBREED ARABIAN HORSES

ABSTRACT – Physical conditioning promotes changes in homeostasis that lead to significant metabolic alterations in various systems, including the cardiovascular system. In horses, several studies have evaluated protocols based on plasma lactate concentrations; however, few authors have analyzed their influence on cardiac function. This present study aims to investigate the adaptive responses to the left ventricular (LV) function of young horses, assessed at rest and immediately after a physical stress test (TStress), induced by six weeks of physical conditioning based on the external load necessary to achieve a plasma lactate concentration of 2 mmol/L (V_2). Fourteen young Arabian Thoroughbred horses, with an average age of 28.42 ± 3.75 months and no prior history of physical conditioning, were used in this study. The animals were evaluated through echocardiography performed at rest and immediately after TStress, both before and after a six-week conditioning period based on V_2 determined by an incremental exercise test (IET) on a treadmill. There was an improvement in the aerobic capacity of the animals, as evidenced by the increase in V_2 (5.214 ± 0.328 vs. 6.763 ± 0.434) and V_4 (5.857 ± 0.42 vs. 7.691 ± 0.549) ($p < 0.001$) after the conditioning period. There were also reductions in resting heart rate (HR) and the maximum HR reached during TStress ($p < 0.001$). Conditioning led to a reduction in the internal diameter associated with increases in the thickness of the interventricular septum, posterior wall, average thickness, and LV mass ($p < 0.05$). The evaluation performed after TStress in conditioned animals revealed increases in integral time-velocity (ITV), stroke volume (SV), systolic indices (SI) and cardiac indices (CI), ejection times (ET) and deceleration times (DT), end-diastolic volume (EDV), time to the onset of radial myocardial velocity during the early diastolic phase (tE_m), and time to maximum transmitral flow velocity (tEA), with reductions in pre-ejection period (PEP) and PEP/ET ratios, circumferential velocity of myocardial fibers (V_{cf}). The conditioning protocol was capable of improving the aerobic capacity of the animals and promoting cardiac remodeling associated with improved left ventricular function.

Keywords: echocardiography, high-speed treadmill, cardiac function, lactate, training

LISTA DE ABREVIATURAS

AE.....	Átrio esquerdo
AE/Ao.....	Relação átrio esquerdo – artéria aorta
A _m	Velocidade parietal radial decorrente da contração atrial esquerda
A.....	Velocidade máxima do fluxo transmitral decorrente da contração atrial esquerda
Ao.....	Diâmetro aórtico
DC.....	Débito cardíaco
DIVEd.....	Diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole
DIVEs.....	Diâmetro interno do ventrículo esquerdo em sístole
E _m	Velocidade parietal radial máxima no início da diástole
E.....	Velocidade máxima do fluxo transmitral no início da diástole
E ₁	Velocidade parietal radial durante a fase de relaxamento isovolumétrico
EIC.....	Espaço intercostal
E/A.....	Relação entre as velocidades de enchimento ventricular
E _m /A _m	Relação entre as velocidades parietais radiais durante a diástole
E/E _m	Relação entre o fluxo e a velocidade parietal radial diastólicas iniciais
EMP.....	Espessura média de parede
ERP.....	Espessura relativa de parede
FC.....	Frequência cardíaca
FCmax.....	Frequência cardíaca máxima
FE.....	Fração de encurtamento
FE _j	Fração de ejeção
IC.....	Índice cardíaco
IPM.....	Índice de performance miocárdica (índice de Tei)
IS.....	Índice sistólico
ITV.....	Integral tempo-velocidade
JPD.....	Janela paraesternal direita
JPE.....	Janela paraesternal esquerda
LL.....	Limiar de lactato
MFEL.....	Máxima fase estável de lactato
mVE.....	Massa do ventrículo esquerdo
PPE.....	Período pré-ejeção

PPE/TEj.....	Razão entre período pré ejeção – tempo de ejeção
PPVEd.....	Parede posterior do ventrículo esquerdo em diástole
PPVEs.....	Parede posterior do ventrículo esquerdo em sístole
SId.....	Septo interventricular em diástole
SIs.....	Septo interventricular em sístole
S ₁	Velocidade parietal radial durante a fase de contração isovolumétrica
S _m	Velocidade de contração
TCIV.....	Tempo de contração isovolumétrico
TDE.....	Tempo de desaceleração do fluxo transmitral no início da diástole
TDE _m	Tempo de desaceleração da movimentação parietal radial no início da diástole
tE.....	Tempo para o pico do fluxo transmitral no início da diástole
TEI.....	Teste de esforço incremental
tE _m	Tempo para o início da movimentação parietal no início da diástole
tS ₁	Tempo para o pico da velocidade parietal radial durante a fase de contração isovolumétrica
tS _m	Tempo para o pico da velocidade parietal durante a fase de ejeção ventricular
TStress.....	Teste de estresse
STAo.....	Secção transversal da aorta
TD.....	Tempo de desaceleração
TEj.....	Tempo de ejeção
TPP.....	Tempo para o pico
TRIV.....	Tempo de relaxamento isovolumétrico
V2.....	Velocidade que corresponde à concentração plasmática de lactato igual à 2 mmol/l
V4.....	Velocidade que corresponde à concentração plasmática de lactato igual à 4 mmol/l
Vcf.....	Velocidade média de encurtamento de fibras circunferenciais
VDF.....	Volume diastólico final
Vej.....	Volume ejetado
Vmax.....	Velocidade máxima

VO₂max.....Consumo máximo de oxigênio

VSF.....Volume sistólico final

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – Efeitos do condicionamento sobre a função ventricular esquerda de equinos jovens da raça Puro Sangue Árabe

Tabela 1. Média $\pm$ desvio padrão das mensurações lineares absolutas e indexadas à massa corporal (MC) e perímetro torácico (PT) de equinos Puro Sangue Árabe jovens obtidas em repouso e imediatamente após estresse físico nos períodos pré (PreTr) e pós condicionamento (PosTr).....18

Tabela 2. Médias $\pm$ desvio padrão, primeiro e terceiro quartis das variáveis das funções sistólica, diastólica e global do ventrículo esquerdo de equinos Puro Sangue Árabe jovens obtidas em repouso nos momentos pré (PreTr) e pós condicionamento (PosTr).....21

Tabela 3. Médias $\pm$ desvio padrão, primeiro e terceiro quartis das variáveis das funções sistólica e diastólica do ventrículo esquerdo de equinos Puro Sangue Árabe jovens obtidas imediatamente após teste de estresse nos momentos pré (PreTr) e pós condicionamento (PosTr).....25

Tabela 4. Análise fatorial exploratória (AFE) com cargas rotacionadas oblíquas, comunalidades dos fatores e matriz de correlação fatorial para variáveis da função sistólica obtidas em repouso e imediatamente após teste de estresse em equinos Puro Sangue Árabe jovens.....28

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2 – Efeitos do condicionamento sobre a função ventricular esquerda de equinos jovens da raça Puro Sangue Árabe

Figura 1. (A) Médias $\pm$ desvio padrão (pontos e linhas) das velocidades necessárias para atingir as concentrações plasmáticas de lactato de 2 (V2) e 4 (V4) mmol/l antes (PreTr) e após (PosTr) o período de condicionamento em esteira rolante. *** $p < 0.001$. (B) Valores das concentrações plasmáticas de lactato de um animal obtidos durante os testes incrementais realizados antes (triângulos) e após condicionamento (círculos) com suas respectivas curvas exponenciais (linhas e equações nas cores laranja e verde, respectivamente; $p < 0.05$).....16

Figura 2. Médias $\pm$ desvio padrão (pontos e linhas) dos valores de frequência cardíaca obtidos durante repouso (inferior) e imediatamente após teste de estresse em esteira rolante (superior) antes (PreTr) e após condicionamento (PosTr). * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$16

Figura 3. Avaliação de parâmetros sistólicos e diastólicos do ventrículo esquerdo (VE) com uso do Doppler pulsátil e tecidual. (A) Mensuração do fluxo aórtico em repouso pela imagem longitudinal 5-câmaras. O volume amostral de 2 mm foi posicionado na região de abertura da valva aórtica. (B) Mesma imagem representada em A obtida imediatamente após teste de estresse. (C) Mensuração do fluxo transmitral em repouso pela imagem longitudinal 4-câmaras. O volume amostral de 2 mm foi posicionado na região de abertura da valva mitral. A: velocidade de enchimento do VE decorrente da sístole atrial esquerda; E: velocidade de enchimento inicial do VE. (D) Mesma imagem representada em C obtida imediatamente após teste de estresse. EA: espectro resultante da fusão das fases inicial e final de enchimento do VE. (E) Mensuração das velocidades miocárdicas radiais do VE em repouso obtidas na imagem transversal em nível cordal. O volume amostral de 2 mm foi posicionado na região subendocárdica durante a diástole de modo a se manter na região miocárdica durante a sístole. Am: máxima velocidade miocárdica radial durante a fase diastólica final; E₁: máxima velocidade miocárdica radial durante a fase de relaxamento isovolumétrico; E_m: máxima velocidade miocárdica radial durante a fase diastólica

inicial; S₁: máxima da velocidade miocárdica radial durante a fase de contração isovolumétrica; S_m: máxima velocidade miocárdica radial durante a sístole ventricular. (F) Mesma imagem representada em E obtida imediatamente após teste de estresse. A_m: máxima velocidade miocárdica radial durante a fase diastólica final; E₁: máxima velocidade miocárdica radial durante a fase de relaxamento isovolumétrico; E_m: máxima velocidade miocárdica radial durante a fase diastólica inicial; S_m: máxima velocidade miocárdica radial durante a sístole ventricular.....27

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1.Introdução

O rebanho equino brasileiro é um dos maiores do mundo segundo o levantamento realizado pela FAO (Gilbert et al., 2022), com aproximadamente 5,5 milhões de cabeças, as quais representam 9% do rebanho mundial, estimado em 59 milhões de animais. Recentemente, segundo levantamento realizado pelo IBGE (2021), o rebanho brasileiro já soma 5,9 milhões de cabeças, o que representa aumento de 1,9% em relação ao ano de 2020. Dentre estes, os equinos utilizados para esporte e lazer totalizam 1,1 milhão de cabeças. Com este enorme contingente nacional de equinos, o capital envolvido no chamado complexo agronegócio cavalo (CAC) está na casa dos bilhões de reais por ano e tende a crescer. Em 2015, a movimentação econômica total relacionada ao CAC foi de R\$ 16,15 bilhões (CNA, 2020). Além disso, em 10 anos (2006 a 2016) houve aumento de 12% na movimentação econômica total do CAC, atingindo aproximadamente R\$ 16 bilhões. Frente a isso, é de suma importância o aperfeiçoamento de técnicas diagnósticas relativas aos mais variados órgãos e sistemas. No tocante à medicina esportiva equina, é indiscutível a relevância do sistema cardiovascular para o desempenho de equinos atletas. Além disso sabe-se bem que o uso intenso destes animais pode causar adaptações orgânicas deletérias, o que aumenta a preocupação com a sua saúde e bem-estar. O desenvolvimento de metodologias modernas de avaliação da condição física torna necessária a realização de novos trabalhos para acompanhar estes avanços. A apuração de protocolos de avaliação cardíaca possibilitará o diagnóstico precoce de alterações decorrentes de adaptações induzidas tanto pelo exercício como pelo treinamento e possibilitará a adoção de medidas terapêuticas precoces, assim o como aperfeiçoamento de protocolos de treinamento.

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a influência do condicionamento físico baseado na concentração plasmática de lactato sobre a função ventricular

esquerda de equinos jovens Puro Sangue Árabe avaliados em repouso e imediatamente o estresse físico por meio da ecocardiografia transtorácica.

5. Conclusões

O protocolo de treinamento utilizado promoveu hipertrofia concêntrica associada ao aumento da capacidade aeróbia de cavalos jovens e melhora das funções sistólica e diastólica do VE tanto em repouso quanto após estresse físico. A ecocardiografia de estresse se mostrou capaz de elucidar modificações na função ventricular esquerda não detectadas em repouso, com grande potencial de utilização também na avaliação cardiológica de equinos.

Referências

1. Hinchcliff, K.W.; Geor, R.J. The Horse as an Athlete: A Physiological Overview. In *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*; Hinchcliff, K.W., Geor, R.J., Kaneps, A.J., Eds.; Saunders Elsevier: Philadelphia, **2008**; pp. 2–11.
2. Morganroth, J. Comparative Left Ventricular Dimensions in Trained Athletes. *Ann Intern Med* **1975**, *82*, 521, doi:10.7326/0003-4819-82-4-521.

3. Rundqvist, L.; Engvall, J.; Faresjö, M.; Carlsson, E.; Blomstrand, P. Regular Endurance Training in Adolescents Impacts Atrial and Ventricular Size and Function. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* **2016**, jew150, doi:10.1093/ehjci/jew150.
4. Baggish, A.L.; Yared, K.; Wang, F.; Weiner, R.B.; Hutter, A.M.; Picard, M.H.; Wood, M.J. The Impact of Endurance Exercise Training on Left Ventricular Systolic Mechanics. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* **2008**, 295, H1109–H1116, doi:10.1152/ajpheart.00395.2008.
5. Kovacs, R.; Baggish, A.L. Cardiovascular Adaptation in Athletes. *Trends Cardiovasc Med* **2016**, 26, 46–52, doi:10.1016/j.tcm.2015.04.003.
6. Muhl, C.; Dassen, W.R.M.; Kuipers, H. Cardiac Remodelling: Concentric versus Eccentric Hypertrophy in Strength and Endurance Athletes. *Netherlands Heart Journal* **2008**, 16, 129–133.
7. Burnley, M.; Jones, A.M. Oxygen Uptake Kinetics as a Determinant of Sports Performance. *Eur J Sport Sci* **2007**, 7, 63–79, doi:10.1080/17461390701456148.
8. Souza, B.G.; Veiga, C.C.P.; Oliveira, G.F.; Ferreira, A.M.R.; Almeida, F.Q. Avaliação de Um Programa de Treinamento Para Cavalos de Concurso Completo de Equitação: Efeitos Sobre a Frequência Cardíaca e a Curva de Lactato. *Rev Bras Med Vet* **2013**, 35, 385–391.
9. Evans, D.L.; Rainger, J.E.; Hodgson, D.R.; Eaton, M.D.; Rose, R.J. The Effects of Intensity and Duration of Training on Blood Lactate Concentrations during and after Exercise. *Equine Vet J* **2010**, 27, 422–425, doi:10.1111/j.2042-3306.1995.tb04965.x.
10. Seeherman, H.J.; Morris, E.A. Application of a Standardised Treadmill Exercise Test for Clinical Evaluation of Fitness in 10 Thoroughbred Racehorses. *Equine Vet J* **2010**, 22, 26–34, doi:10.1111/j.2042-3306.1990.tb04730.x.
11. Mazzeo, R.S.; Brooks, G.A.; Schoeller, D.A.; Budinger, T.F. Disposal of Blood [1-13C]Lactate in Humans during Rest and Exercise. *J Appl Physiol* **1986**, 60, 232–241, doi:10.1152/jap.1986.60.1.232.
12. Tegtbur, U.; Busse, M.W.; Braumann, K.M. Estimation of an Individual Equilibrium between Lactate Production and Catabolism during Exercise. *Med Sci Sports Exerc* **1993**, 25, 620–627.
13. Lindner, A.E. Maximal Lactate Steady State during Exercise in Blood of Horses. *J Anim Sci* **2010**, 88, 2038–2044, doi:10.2527/jas.2009-2693.
14. Soares, O.A.B.; Ferraz, G.C.; Martins, C.B.; Dias, D.P.M.; Lacerda-Neto, J.C.; Queiroz-Neto, A. Comparison of Maximal Lactate Steady State with V2, V4, Individual Anaerobic Threshold and Lactate Minimum Speed in Horses. *Arq Bras Med Vet Zootec* **2014**, 66, 39–46, doi:10.1590/S0102-09352014000100007.
15. Young, L.E. Cardiac Responses to Training in 2-Year-Old Thoroughbreds: An Echocardiographic Study. *Equine Vet J* **1999**, 31, 195–198, doi:10.1111/j.2042-3306.1999.tb05217.x.
16. Young, L.E.; Rogers, K.; Wood, J.L.N. Left Ventricular Size and Systolic Function in Thoroughbred Racehorses and Their Relationships to Race Performance. *J Appl Physiol* **2005**, 99, 1278–1285, doi:10.1152/jap.2004.01319.2004.

17. Buhl, R.; Ersbøll, A.K. Echocardiographic Evaluation of Changes in Left Ventricular Size and Valvular Regurgitation Associated with Physical Training during and after Maturity in Standardbred Trotters. *J Am Vet Med Assoc* **2012**, *240*, 205–212, doi:10.2460/javma.240.2.205.
18. D'Ascenzi, F.; Fiorentini, C.; Anselmi, F.; Mondillo, S. Left Ventricular Hypertrophy in Athletes: How to Differentiate between Hypertensive Heart Disease and Athlete's Heart. *Eur J Prev Cardiol* **2021**, *28*, 1125–1133, doi:10.1177/2047487320911850.
19. Sharma, S.; Merghani, A.; Mont, L. Exercise and the Heart: The Good, the Bad, and the Ugly. *Eur Heart J* **2015**, *36*, 1445–1453, doi:10.1093/eurheartj/ehv090.
20. Lancellotti, P.; Pellikka, P.A.; Budts, W.; Chaudhry, F.A.; Donal, E.; Dulgheru, R.; Edvardsen, T.; Garbi, M.; Ha, J.-W.; Kane, G.C.; et al. The Clinical Use of Stress Echocardiography in Non-Ischaemic Heart Disease: Recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* **2016**, *17*, 1191–1229, doi:10.1093/ehjci/jew190.
21. Navas de Solis, C. Cardiovascular Response to Exercise and Training, Exercise Testing in Horses. *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice* **2019**, *35*, 159–173, doi:10.1016/j.cveq.2018.11.003.
22. Belém, L. Ecocardiografia de Estresse Sob Exercício. In *Ecocardiografia de Estresse e Contraste*; Camarozano, A.C., Weitzel, L.H., Eds.; Revinter: Rio de Janeiro, **2013**; p. 375 ISBN 978-85-372-0492-4.
23. Gehlen, H.; Marnette, S.; Rohn, K.; Stadler, P. Echocardiographic Analysis of Segmental Left Ventricular Wall Motion at Rest and After Exercise in Horses With and Without Heart Disease. *J Equine Vet Sci* **2005**, *25*, 468–479, doi:10.1016/j.jevs.2005.09.007.
24. Marshall, S.A.; Levine, L.A.; Weyman, A. Echocardiography in Cardiac Research. In *The Heart and Cardiovascular System: Scientific Foundations*; Fozzard, H.A., Haber, E., Jennings, R.B., Katz, A.M., Morgan, H.E., Eds.; Raven Press, **1992**; p. 1700.
25. Reef, V.B.; Whittier, M.; Allam, L.G. Echocardiography. *Clinical Techniques in Equine Practice* **2004**, *3*, 274–283.
26. Schwarzwald, C.C. Equine Echocardiography. *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice* **2019**, *35*, 43–64, doi:10.1016/j.cveq.2018.12.008.
27. Koenig, T.R.; Mitchell, K.J.; Schwarzwald, C.C. Echocardiographic Assessment of Left Ventricular Function in Healthy Horses and in Horses with Heart Disease Using Pulsed-Wave Tissue Doppler Imaging. *J Vet Intern Med* **2017**, *31*, 556–567, doi:10.1111/jvim.14641.
28. Schwarzwald, C.C.; Schober, K.E.; Bonagura, J.D. Methods and Reliability of Tissue Doppler Imaging for Assessment of Left Ventricular Radial Wall Motion in Horses. *J Vet Intern Med* **2009**, *23*, 643–652, doi:10.1111/j.1939-1676.2009.0287.x.
29. Blissitt, K.J.; Bonagura, J.D. Colour Flow Doppler Echocardiography in Normal Horses. *Equine Vet J* **1995**, *27*, 47–55, doi:10.1111/j.2042-3306.1995.tb04989.x.
30. Blissitt, K.J.; Bonagura, J.D. Pulsed Wave Doppler Echocardiography in Normal Horses. *Equine Vet J* **1995**, *27*, 38–46, doi:10.1111/j.2042-3306.1995.tb04988.x.

31. Long, K.J.; Bonagura, J.D.; Darke, P.G.G. Standardised Imaging Technique for Guided M-mode and Doppler Echocardiography in the Horse. *Equine Vet J* **1992**, *24*, 226–235, doi:10.1111/j.2042-3306.1992.tb02820.x.
32. Council, N.R. *Nutrient Requirements of Horses*; Sixth.; National Academies Press: Washington, D.C., **2007**; ISBN 978-0-309-10212-4.
33. Lorello, O.; Ramseyer, A.; Burger, D.; Gerber, V. Cardiovascular Variables in Eventing and Endurance Horses over a Season. *Journal of Veterinary Cardiology* **2019**, *21*, 67–78, doi:10.1016/j.jvc.2018.08.004.
34. Long, K.J. Two-Dimensional and M-Mode Echocardiography. *Equine Vet Educ* **1992**, *4*, 303–310.
35. Lang, R.M.; Badano, L.P.; Mor-Avi, V.; Afilalo, J.; Armstrong, A.; Ernande, L.; Flachskampf, F.A.; Foster, E.; Goldstein, S.A.; Kuznetsova, T.; et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* **2015**, *16*, 233–271, doi:10.1093/ehjci/jev014.
36. Marr, C.M.; Patteson, M. Echocardiography. In *Cardiology of the horse*; Marr, C.M., Bowen, I.M., Eds.; Saunders Elsevier, **2010**; p. 294 ISBN 978-0-7020-2817-5.
37. Teichholz, L.E.; Kreulen, T.; Herman, M. V.; Gorlin, R. Problems in Echocardiographic Volume Determinations: Echocardiographic-Angiographic Correlations in the Presence or Absence of Asynergy. *Am J Cardiol* **1976**, *37*, 7–11, doi:10.1016/0002-9149(76)90491-4.
38. Lord, P.F.; Croft, M.A. Accuracy of Formulae for Calculating Left Ventricular Volumes of the Equine Heart. *Equine Vet J* **1990**, *22*, 53–56, doi:10.1111/j.2042-3306.1990.tb04735.x.
39. Lightowler, C.; Pidal, G.; Cattáneo, M.; Garcia Liñeiro, J. Diámetros y Volúmenes Del Ventrículo Izquierdo Del Caballo Determinados Por Ecocardiografia. *Arch Med Vet* **2002**, *34*, 135–146, doi:10.4067/S0301-732X2008000100001.
40. Devereux, R.B.; Reichek, N. Echocardiographic Determination of Left Ventricular Mass in Man. Anatomic Validation of the Method. *Circulation* **1977**, *55*, 613–618, doi:10.1161/01.CIR.55.4.613.
41. Borde, L.; Amory, H.; Leroux, A.A.; Alhaidar, A.; Bordet, F.I.; Dettileux, J.; Sandersen, C.C. Echocardiographic Assessment of Left Ventricular Systolic Function in Colic Horses. *J Equine Vet Sci* **2011**, *31*, 481–487, doi:10.1016/j.jevs.2011.01.011.
42. Tei, C.; Ling, L.H.; Hodge, D.O.; Bailey, K.R.; Oh, J.K.; Rodeheffer, R.J.; Tajik, A.J.; Seward, J.B. New Index of Combined Systolic and Diastolic Myocardial Performance: A Simple and Reproducible Measure of Cardiac Function - A Study in Normals and Dilated Cardiomyopathy. *J Cardiol* **1995**, *26*, 357–366.
43. Cornell, C.C.; Kittleson, M.D.; Della Torre, P.; Häggström, J.; Lombard, C.W.; Pedersen, H.D.; Vollmar, A.; Wey, A. Allometric Scaling of M-Mode Cardiac Measurements in Normal Adult Dogs. *J Vet Intern Med* **2004**, *18*, 311–321, doi:10.1892/0891-6640(2004)18<311:ASOMCM>2.0.CO;2.
44. Al-Haidar, A.; Moula, N.; Leroux, A.; Farnir, F.; Deleuze, S.; Sandersen, C.; Amory, H. Reference Values of Two-Dimensional and M-Mode Echocardiographic Measurements as a Function of Body Size in Various Equine Breeds and in Ponies. *Journal of Veterinary Cardiology* **2017**, *19*, 492–501, doi:10.1016/j.jvc.2017.08.008.

45. Hair Jr., J.F.; Black, W.C.; Babin, B.J.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L. *Análise Multivariada de Dados*; Hair Jr., J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Eds.; 6. ed.; Bookman: Porto Alegre, 2009;
46. Raîche, G.; Walls, T.A.; Magis, D.; Riopel, M.; Blais, J.-G. Non-Graphical Solutions for Cattell's Scree Test. *Methodology* **2013**, *9*, 23–29, doi:10.1027/1614-2241/a000051.
47. Beltz, N.M.; Gibson, A.L.; Janot, J.M.; Kravitz, L.; Mermier, C.M.; Dalleck, L.C. Graded Exercise Testing Protocols for the Determination of VO₂ Max: Historical Perspectives, Progress, and Future Considerations. *Journal of Sports Medicine* **2016**, *2016*, 1–12, doi:10.1155/2016/3968393.
48. Barnard, R.J.; Corre, K.; Cho, H. Effect of Training on the Resting Heart Rate of Rats. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **1976**, *35*, 285–289.
49. Wilmore, J.H.; Stanforth, P.R.; Gagnon, J.; Leon, A.S.; Rao, D.C.; Skinner, J.S.; Bouchard, C. Endurance Exercise Training Has a Minimal Effect on Resting Heart Rate: The HERITAGE Study. *Medicine & Science in Sports & Exercise* **1996**, *28*, 829–835, doi:10.1097/00005768-199607000-00009.
50. Kang, S.-J.; Kim, Eon-ho; Ko, K.-J. Effects of Aerobic Exercise on the Resting Heart Rate, Physical Fitness, and Arterial Stiffness of Female Patients with Metabolic Syndrome. *J Phys Ther Sci* **2016**, *28*, 1764–1768, doi:10.1589/jpts.28.1764.
51. Coswig, V.S.; Barbalho, M.; Raiol, R.; Del Vecchio, F.B.; Ramirez-Campillo, R.; Gentil, P. Effects of High vs Moderate-Intensity Intermittent Training on Functionality, Resting Heart Rate and Blood Pressure of Elderly Women. *J Transl Med* **2020**, *18*, 88, doi:10.1186/s12967-020-02261-8.
52. Kuwahara, M.; Hiraga, A.; Kai, M.; Tsubone, H.; Sugano, S. Influence of Training on Autonomic Nervous Function in Horses: Evaluation by Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability. *Equine Vet J* **2010**, *31*, 178–180, doi:10.1111/j.2042-3306.1999.tb05213.x.
53. Betros, C.L.; McKeever, N.M.; Manso Filho, H.C.; Malinowski, K.; McKeever, K.H. Effect of Training on Intrinsic and Resting Heart Rate and Plasma Volume in Young and Old Horses. *Comp Exerc Physiol* **2013**, *9*, 43–50, doi:10.3920/CEP12020.
54. Liu, L.; Yan, X.; Xiao, S.; Deng, S.; Zhang, C.; Luo, L. Cardiac Reserve Mobilization Trend during Exercise and Recovery after Exercise. *J Biomed Sci Eng* **2013**, *06*, 699–703, doi:10.4236/jbise.2013.67085.
55. Mlyneková, E.; Halo, M.; Maršálek, M.; Starostová, L. Impact of Training Load on the Heart Rate of Horses. *Acta fytotechnica et zootechnica* **2016**, *19*, 167–170, doi:10.15414/afz.2016.19.04.167-170.
56. Filho, H.C.M.; Hunka, M.M.; Wanderley, E.K.; Mélo, S.K.M.; Beltrão, M. do R.; Abreu, J.M.G.; Manso, H.E.C.C. Pattern of Development in Foals from Four Different Breeds between Birth and Weaning. *Open J Vet Med* **2014**, *04*, 72–77, doi:10.4236/ojvm.2014.45009.
57. Huntington, P.J.; Brown-Douglas, C.G.; Pagan, J.D. Growth and Development of Thoroughbred Horses. *Anim Prod Sci* **2020**, *60*, 2093, doi:10.1071/AN19629.
58. Abed El-Rahim, T. *Agricultural Tatoum University Magazine*. 2008, pp. 153–167.
59. Al-Haidar, A.; Leroux, A.; Borde, L.; Deleuze, S.; Cerri, S.; Sandersen, C.; Amory, H.; Farnir, F. Relationship Between Echocardiographic Measurements and Body Size in Horses. *J Equine Vet Sci* **2013**, *33*, 107–114, doi:10.1016/j.jevs.2012.05.063.

60. Fenning, A.; Harrison, G.; Dwyer, D.; Rose'Meyer, R.; Brown, L. Cardiac Adaptation to Endurance Exercise in Rats. In *Biochemistry of Hypertrophy and Heart Failure*; Kirshenbaum, L.A., Dixon, I.M.C., Singal, P.K., Eds.; Springer US: Boston, MA, 2003; Vol. 251 ISBN 978-1-4613-4853-5.
61. Fagard, R.H. Impact of Different Sports and Training on Cardiac Structure and Function. *Cardiology Clinics* **1992**, *10*, 241–256.
62. Pluim, B.M.; Zwinderman, A.H.; van der Laarse, A.; van der Wall, E.E. The Athlete's Heart. *Circulation* **2000**, *101*, 336–344, doi:10.1161/01.CIR.101.3.336.
63. Jenkins, C.; Moir, S.; Chan, J.; Rakhit, D.; Haluska, B.; Marwick, T.H. Left Ventricular Volume Measurement with Echocardiography: A Comparison of Left Ventricular Opacification, Three-Dimensional Echocardiography, or Both with Magnetic Resonance Imaging. *Eur Heart J* **2009**, *30*, 98–106, doi:10.1093/eurheartj/ehn484.
64. Caselli, S.; Montesanti, D.; Autore, C.; Di Paolo, F.M.; Pisicchio, C.; Squeo, M.R.; Musumeci, B.; Spataro, A.; Pandian, N.G.; Pelliccia, A. Patterns of Left Ventricular Longitudinal Strain and Strain Rate in Olympic Athletes. *Journal of the American Society of Echocardiography* **2015**, *28*, 245–253, doi:10.1016/j.echo.2014.10.010.
65. 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. *J Vet Intern Med* **2010**, *24*, 918–931, doi:10.1111/j.1939-1676.2010.0542.x.
66. Talley, R.C.; Meyer, J.F.; McNay, J.L. Evaluation of the Pre-Ejection Period as an Estimate of Myocardial Contractility in Dogs. *Am J Cardiol* **1971**, *27*, 384–391, doi:10.1016/0002-9149(71)90435-8.
67. Maehara, K.; Maruyama, Y.; Yoshikata, S.; Takishima, T. Effects of Exercise Stress on Left Ventricular End Diastolic Pressure-Length Strain Relations in Dogs with and without Coronary Stenosis. *Cardiovasc Res* **1992**, *26*, 770–778, doi:10.1093/cvr/26.8.770.
68. Le, T.-T.; Bryant, J.A.; Ting, A.E.; Ho, P.Y.; Su, B.; Teo, R.C.C.; Gan, J.S.-J.; Chung, Y.-C.; O'Regan, D.P.; Cook, S.A.; et al. Assessing Exercise Cardiac Reserve Using Real-Time Cardiovascular Magnetic Resonance. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* **2017**, *19*, 7, doi:10.1186/s12968-017-0322-1.
69. D'Andrea, A.; Radmilovic, J.; Carbone, A.; Mandoli, G.E.; Santoro, C.; Evola, V.; Bandera, F.; D'Ascenzi, F.; Bossone, E.; Galderisi, M.; et al. Speckle Tracking Evaluation in Endurance Athletes: The "Optimal" Myocardial Work. *Int J Cardiovasc Imaging* **2020**, *36*, 1679–1688, doi:10.1007/s10554-020-01871-z.
70. Barbosa, M.M.; Leite, A. Avaliação Da Função Diastólica Pela Ecocardiografia de Estresse. In *Ecocardiografia de Estresse e Constraste*; Camarozano, A.C., Weitzel, L.H., Eds.; Revinter: Rio de Janeiro, 2013; pp. 129–133.
71. Pugliese, N.R.; De Biase, N.; Conte, L.; Gargani, L.; Mazzola, M.; Fabiani, I.; Natali, A.; Dini, F.L.; Frumento, P.; Rosada, J.; et al. Cardiac Reserve and Exercise Capacity: Insights from Combined Cardiopulmonary and Exercise Echocardiography Stress Testing. *Journal of the American Society of Echocardiography* **2021**, *34*, 38–50, doi:10.1016/j.echo.2020.08.015.

72. Sharifov, O.F.; Gupta, H. What Is the Evidence That the Tissue Doppler Index E/E' Reflects Left Ventricular Filling Pressure Changes After Exercise or Pharmacological Intervention for Evaluating Diastolic Function? A Systematic Review. *J Am Heart Assoc* **2017**, *6*, doi:10.1161/JAHA.116.004766.