

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

ESTUDO TERMOGRÁFICO E ULTRASSONOGRÁFICO DA REGIÃO
CERVICAL DE EQUINOS EM TREINAMENTO NA MODALIDADE EQUESTRE
DE SALTO

DENISE DE OLIVEIRA VENTURELLI

Botucatu - SP
Setembro– 2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

DENISE DE OLIVEIRA VENTURELLI

ESTUDO TERMOGRÁFICO E ULTRASSONOGRÁFICO DA REGIÃO
CERVICAL DE EQUINOS EM TREINAMENTO NA MODALIDADE EQUESTRE
DE SALTO.

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós Graduação em Biotecnologia Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, para obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Profa.Dra. Vânia Maria de Vasconcelos Machado

Botucatu - SP
Setembro – 2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Venturelli, Denise de Oliveira.

Estudo termográfico e ultrassonográfico da região cervical de equinos em treinamento na modalidade equestre de salto / Denise de Oliveira Venturelli. - Botucatu, 2021

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Vânia Maria de Vasconcelos Machado
Coorientador: Jean Guilherme Fernandes Joaquim
Capes: 50501038

1. Equídeos. 2. Pescoço. 3. Ultrassonografia.
4. Termografia. 5. Hipismo. 6. Diagnóstico por imagem.

Palavras-chave: Equino; Hipismo; Pescoço; Termografia; Ultrassonografia.

DENISE DE OLIVEIRA VENTURELLI**ESTUDO TERMOGRÁFICO E ULTRASSONOGRÁFICO DA REGIÃO
CERVICAL DE EQUINOS EM TREINAMENTO NA MODALIDADE EQUESTRE
DE SALTO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu,
para obtenção do título de mestre em Biotecnologia animal.

Orientadora: Profa. Associada Dra. Vânia Maria Vasconcelos Machado

(Titulares)

Prof^a Associada Vânia Maria de Vasconcelos Mchado
Departamento de Cirurgia Animal e Reprodução Veterinária
FMVZ – UNESP - Botucatu

Prof. Dr. Marco Aurélio Torrecillas Sturion
Autônomo
Ourinhos - SP

Prof. Dr. André Luis Filadelpho
Departamento de Anatomia
IBB - UNESP- Botucatu

(Suplentes)

Prof. Dr. José Nicolau Puoli P. Filho
Departamento de Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva
FMVZ – UNESP - Botucatu

Prof^a Dra. Ariane Dantas
Etec Dona Sebastiana de Barros
São Manuel - SP

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe
RAQUEL LOPES DE OLIVEIRA
VENTURELLI *(in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, principalmente e sobretudo a Deus que me sustentou e me deu forças para eu poder executar, concluir e vivenciar ao longo desses dois anos essa experiência chamada MESTRADO.

Ao meu marido, um homem maravilhoso, especial, José Aldo Puccetti Moraes Santos que suportou ao meu lado toda pressão e se desdobrou por trabalhar em dobro e cuidar de nossa filha para que eu pudesse me dedicar à execução desse projeto, bem como à minha doce e amada filha Alice Venturelli Puccetti de Moraes, pelo amor, respeito, esforço que nunca mediu para que eu pudesse realizar esse projeto e por se fazerem presentes com muita paciência e tolerância em todos os momentos de preocupação, aflição e ausência do meu convívio familiar diário, à vocês dois, todo o meu amor, gratidão e desculpas pelos momentos doloridos ao longo dessa jornada. Aos amigos especiais, principalmente Alminda Sagarra, , , Cilene Gomes que sentiram minha falta mas vibraram comigo em cada conquista e à mulher que me sustentou em todos os momentos com orações, conselhos e em especial a Vanessa Nanucio e Alessandra Cavicchiolli que muitas vezes cuidaram da minha filha por mim, minha querida e especial sendo a avó perfeita e mais do que presente, Nilmar Marques, mãe que Deus me enviou para segurar minhas mãos, ser meu consolo e enxugar minhas lágrimas todas as vezes que eu precisei.

Aos meus familiares, principalmente ao meu pai Cassiano Venturelli e sua esposa Rosa Venturelli, ao meu irmão Otávio Venturelli e cunhada Flávia Venturelli pelas orações, bem como à Luciana e José Fernando Puccetti de Moraes e ao meu enteado Gustavo Moraes Santos pelo carinho.

Agradeço aos proprietários do haras onde a pesquisa foi executada, principalmente pelo carinho, amizade, profissionalismo, confiança, colaboração e permissão à utilização dos animais no estudo, assim como ao cavaleiro José Vanderilo por ter montado todos os animais e aos tratadores que se disponibilizaram a ajudar durante o experimento, respeitando os horários e os pré-requisitos das técnicas utilizadas.

Agradeço aos meus amigos da FMVZ/Unesp de Botucatu, por todo carinho e apoio durante o meu Mestrado e toda ajuda recebida para realização desta pesquisa, merecendo um crédito todo especial Jéssica Leite, sempre presente com doces palavras nos momentos certos.

Agradeço carinhosamente o professor Stélio Loureiro Pacca Luna por ter cedido a câmara de termografia (da marca Flir, modelo E53) para realização desta pesquisa. Agradeço especialmente a minha querida orientadora professora Doutora Vânia Maria Vasconcelos Machado, que disponibilizou seu valioso tempo para me orientar em cada passo desse trabalho, pela dedicação, paciência e todo esforço e carinho para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço por todos os conselhos para incentivar a seguir em frente e nunca desistir no meio do caminho. Ao querido e especial professor Jean Guilherme Fernandes Joaquim, meu co-orientador por ter disponibilizado seu valioso tempo para me atender, pela dedicação e paciência para me explicar tudo aquilo que eu não sabia e era novo para mim, pelas longas conversas, conselhos, desabaços, risadas e pesquisas realizadas juntos, bem como pelas oportunidades profissionais que essa aproximação me trouxe de presente.

Agradeço a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu (FMVZ-Botucatu) e a CAPES (Instituição de Fomento do Programa de Pós-Graduação da FMVZ-UNESP-Botucatu) pela oportunidade concedida para o desenvolvimento desta pesquisa e pelo meu crescimento acadêmico e profissional.

Agradeço imensamente à todos os que aqui foram citados e aos que não mencionei, pois foram muitos, mas que foram importantes em todo instante com o carinho, compreensão, atenção, conselhos, estímulos e orações neste momento tão especial da minha vida e na realização de um sonho tão esperado.

*“A água que não corre forma um pântano;
a mente que não pensa forma um tolo”*

(VICTOR HUGO)

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2	Página
Table 1 Mann-Whitney test to compare thermography at different evaluation times: Pre-training and 40 minutes post-training, 2h after training and 24h post-training, in the cranial, middle and cervical regions.	91
Table 2 Mann-Whitney test to compare the right and left sides in the cranial, middle and caudal aspects, in the following times: pre-training, 40 min post-training, 2 hours post-training and 24 hours post-training.	92
Table 3 Differences between the cranial, middle and caudal regions of the horse's necks evaluated by thermography.....	94
Table 4 Thermography at different times: pre-training, 40 min post-training, 2 hours post-training and 24 hours in horses with obstacles of 1 meter (Group 1) and 1.40 meters (Group 2), followed by the p.value of Mann-Whitney test for comparison between groups.....	94
Table 5 Comparative analysis between animals in the 1m jump group, at different times of pre and post training, followed by p. descriptive value and analysis: mean, median and standard deviation.....	97
Table 6 Comparative analysis between the animals in the jump group of group 2, of 1.40m, in the different times of pre and post training, followed by p. descriptive value and analysis: mean, median and standard deviation.....	98
Table 7 Mann-Whitney test to compare thermography at different evaluation times: Pre-training and 2 hours post-training.....	99
Table 8 Mann-Whitney test to compare thermography at different evaluation times: Pre-training and 24 hours post-training.....	100
Table 9 Mann-Whitney test to compare thermography at different evaluation times: 40 minutes after training and 2 hours after training.....	101
Table 10 Mann-Whitney test to compare thermography at different evaluation times: 40 minutes, post-training and 24 hours post-training.....	102
Table 11 Mann-Whitney test for comparison of thermography on the right and left sides of the horse's necks in the following evaluation times: pre-training, 40 minutes post-training, 2 hours post-training and 24 hours post-training.....	103
 Capítulo 3	
Table 1 Thermographic evaluation 24 hours after training and ultrasound evaluation 24 hours after training of the athlete horses.....	121

Table 2	Correlation of age with body weight of athlete horses.....	122
Table 3	Correlation of age and body weight with the respective times: pre-training, 40 minutes post-training, 2 hours post-training and 24 hours post-training.....	123

LISTA DE ABREVIÇÕES

%	Porcentagem
µm	micrômetro
a.C	Antes de Cristo
C1	Vértebra cervical 1
C2	Vértebra cervical 2
C3	Vértebra cervical 3
C4	Vértebra cervical 4
C5	Vértebra cervical 5
C6	Vértebra cervical 6
C7	Vértebra cervical 7
ε	Emissividade
FEI	Federação equestre internacional
h	Hora
Hz	Hertz
KHz	Quilohertz
LN	Ligamento Nucal
MHz	Megahertz
mm	Músculo
°C	Escala termométrica representada em Celsius
°F	Escala termométrica representada em Fahrenheit
°K	Escala termométrica representada em Kelvin
RM	Ressonância magnética
ROI	Técnica com demarcação da área de interesse
RX	Raios X
SONAR	Navegação e determinação da distância pelo som
T1	Vértebra torácica 1
TC	Tomografia computadorizada
TIV	Termografia de radiação infravermelha
US	Ultrassom

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1	Página
Figura 1	Espectro eletromagnético da radiação infravermelha. Fonte: SOROKO MOREL (2016)..... 9
Figura 2	A superfície do corpo do cavalo emite, absorve e reflete a radiação infravermelha, a partir dos objetos ao redor. Fonte: SOROKO; MOREL (2016). 11
Figura 3	A mão direita emite radiação infravermelha de ondas curtas, enquanto a mão esquerda, com a temperatura mais fria emite radiação infravermelha de ondas longas. Fonte: SOROKO; MOREL, 2016). 12
Figura 4	Irradiação infravermelha isotrópica emitida pela superfície corpórea do cavalo. Fonte: SOROKO, MOREL 2016). 12
Figura 5	Fórmula que demonstra a dissipação da energia emitida sobre o corpo. Fonte: USAMENTIAGA et al., 2014). 13
Figura 6	Fórmulas Físicas. Emissividade (A). Radiância; Lei de Stefan-Boltzmann (B). Legenda: W- Radiância; Wb- Radiância do corpo negro; ε - Emissividade; σ - Constante; T- Temperatura. Fonte: USAMENTIAGA et al. (2014). 13
Figura 7	Gráfico ilustrativo da Lei de Stefan-Boltzmann. Energia irradiada como produto da temperatura e emissividade. Fonte: USAMENTIAGA et al. (2014). 14
Figura 8	Demonstração das imagens térmicas de um mesmo cavalo, da raça Brasileiro de Hipismo, em vista lateral do pescoço esquerdo, elucidando aspecto normal das diferentes palhetas de cores, oferecidas pelo software FLIR Tools®, demonstrando nas figuras: A- ARTIC; B- GRAY; C- IRON; D- LAVA;..... 17
Figura 9	Termograma dos membros anteriores, mostrando aumento evidenciado da temperatura, após 2h da retirada das ligas. SOROKO E MOREL (2016). 22
Figura 10	Termograma da região do ombro e costado, estavam em contato com tecido de material elástico. SOROKO E MOREL (2016). 22
Figura 11	Termograma do lado esquerdo do pescoço mostrando que a crina absorve toda radiação infravermelha, fazendo com que as demais áreas do pescoço pareçam mais frias. Fonte : SOROKO E MOREL (2016)..... 23

Figura 12	Distâncias recomendadas entre cavalos e a câmera, especificamente para áreas corpóreas de equinos. Fonte: SOROKO e MOREL (2016).....	24
Figura 13	Termograma do lado direito do pescoço, pelo aspecto lateral, ilustrando o posicionamento incorreto em relação à câmera (A). Termograma do lado esquerdo do pescoço, pelo aspecto lateral, ilustrando o posicionamento correto do pescoço em relação à câmera (perpendicular) (B). Fonte: SOROKO e MOREL (2016)...	25
Figura 14	Termograma do aspecto lateral esquerdo do cavalo, mostrando variações da temperatura pelo corpo. Fonte: SOROKO; MOREL, 2016).....	26
Figura 15	Termograma do aspecto lateral esquerdo do cavalo, mostrando a média das variações da temperatura pelo corpo, pela ROI linear. 27	27
Figura 16	Média das diferenças mínimas de temperaturas simétricas mostradas pela ROI. Fonte: SOROKO; MOREL, 2016).....	28
Figura 17	Diferenças permitidas entre temperaturas de estruturas simétricas e regiões específicas do corpo em cum cavalo saudável. Fonte: SOROKO; MOREL, 2016).....	29
Figura 18	(A) Pescoço no aspecto lateral esquerdo, elucidando as vértebras cervicais, (B) pescoço no aspecto lateral esquerdo mostrando o músculo esplênio (1), o músculo rombóide (2) e o ligamento nugal (3), (C) termograma de um pescoço no aspecto lateral esquerdo indicando as vértebras cervicais e o sulco jugular abaixo, com área mais quente. Fonte: SOROKO; MOREL, 2016).....	30
Figura 19	Lord Hayleigh. Fonte: https://www.ufrgs.br/biofisica/ecografia.pdf	32
Figura 20	Ultrassom terapêutico.....	33
Figura 21	Primórdios da ultrassonografia diagnóstica.....	34
Figura 22	Efeito piezoelétrico.	35
Figura 23	Impedância acústica aproximada comumente encontrada nos tecidos. Fonte: PALGRAVE e KIDD (2014).....	37
Figura 24	Duas imagens do forame ventral proximal mostrando o músculo flexor passando por cima do osso rádio (na esquerda) e osso ulna (direita), com o nervo medial no meio. A imagem da esquerda mostra o resultado otimizado com uma angulação de 90° com clara reflexão dos ossos, fâscias e nervos. A imagem da direita mostra a probe a 5°, resultando num escaneamento com angulação a 85° em direção aos ossos e fâscia; a quantidade de ultrassom que é desviada e não retorna para a sonda resulta na imagem	

	visivelmente mais escura com estruturas anatômicas de delineamento diminuído. Fonte: ALFEN e MAH (2018).....	38
Figura 25	Escala demonstrativa das diferenças entre as frequências dos sons, na escala Hertz. Fonte: https://www.ufrgs.br/biofisica/ecografia.pdf	40
Figura 26	Posicionamento do transdutor para a formação das imagens nos planos transversal (A) e longitudinal (B). Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2021).	42
Figura 27	Avaliação muscular da região cervical medial entre C3- C4, através dos planos longitudinal (LG) e transversal (TR), demonstrados respectivamente na imagem da esquerda e da direita. Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2021).	46
Figura 28	A escala de graduação de HECHMATT, para a avaliação visual da ecogenicidade muscular. Grau I, normal, Grau II, mostra leve aumento geral da ecogenicidade sem perda ou atenuação da arquitetura. O Grau III, mostrou ecogenicidade nitidamente aumentada, perda da arquitetura muscular e algumas atenuações, causando menos visibilidade de estruturas mais profundas. O Grau 4, mostra um músculo completamente branco, sem características reconhecíveis e com muita atenuação do sinal de ultrassom, de forma que não se pode distinguir estruturas profundas das superficiais.	47
Figura 29	Aspectos físicos do pescoço: estruturas anatomicamente palpáveis: 1- Região Nucal; 2- Asa do atlas; 3- Região parotídea; 4- Região Massetérica; 5- Ângulo da Mandíbula; 6- Região Laríngea; 7- Região Cervical Dorsal (músculos dorsais: músculos extensores); 8- Vértebras Áxis; 9- Região Cervical Ventral (músculos ventrais: músculos flexores); 9a – Músculo Braquiocefálico; 9b- Sulco jugular; 9c- Músculo Esternocefálico; 10- Margem Cranial da região do ombro. 11- Crina. Fonte: DENOIX (2019).	49
Figura 30	Vista lateral do pescoço. Fonte: POPESKO (2012).	50
Figura 31	Vista cranial da sexta (esquerda) e sétima (direita) vértebra cervical, elucidando a nomenclatura anatômica. Fonte: GETTY (1986).	51
Figura 32	Aspecto lateral (A) e dorsolateral (B) das estruturas superficiais da nuca da região cervical cranial, com ênfase no ligamento nucal (1 e 2a: porção funicular e 2b: porção lamelar). Fonte: DENOIX (2019).	52
Figura 33	Aspecto lateral do pescoço evidenciando o ligamento nucal (7- funicular e 10 – lamelar). Fonte: POPESKO (2012).	52

Figura 34	Vista dorsal (esquerda) e ventral (direita) das vértebras cervicais do cavalo, evidenciando os nomes dos processos anatômicos e a articulação desta porção da coluna. Fonte: GETTY (1986).....	53
Figura 35	Vista lateral (esquerda) e dorsal (direita) das vértebras cervicais do cavalo, evidenciando os nomes dos processos anatômicos e a articulação desta porção da coluna. Fonte: GETTY (1986).....	54
Figura 36	Aspecto lateral esquerdo dos nervos cervicais. Fonte: POPESKO (2012).....	55
Figura 37	Ilustração das camadas superficiais e profundas. Fonte: BUDRAS (2018).....	57
Figura 38	Músculo reto ventral da cabeça. Fonte: WILLIANS e	58
Figura 39	Músculo trapézio. Fonte: WILLIANS e McKENNA (2014)..	59
Figura 40	Músculo rombóide. Fonte: WILLIANS e McKENNA (2014)..	59
Figura 41	Músculo serrátil ventral. Fonte: WILLIANS; McKENNA (2014).	60
Figura 42	Músculo esplênio cervical. Fonte: WILLIANS; McKENNA (2014)..	60
Figura 43	Músculo omotransverso. Fonte: WILLIANS; McKENNA (2014). ...	61
Figura 44	Músculo braquiocefálico. Fonte: WILLIANS e McKENNA (2014)..	61
Figura 45	Músculo esternocefálico. Fonte: WILLIANS; McKENNA (2014)..	62
Figura 46	Tipos de contrações e atividades musculares. Fonte: DENOIX (2014).....	63
Figura 47	Mobilização dos músculos do pescoço. Músculos epaxiais são extensores. Músculos hipaxiais são extensores. Fonte: DENOIX (2014).....	64
Figura 48	Relação dos movimentos intervertebrais durante extensão e flexão, rotação lateralização do pescoço Fonte: WILLIANS; McKENNA (2014).....	64
Figura 49	Fase de propulsão do salto. Fonte: DENOIX (2014).....	66
Figura 50	Fase aérea do salto. Fonte: DENOIX (2014).....	68
Figura 51	Fase de aterrissagem do salto. Fonte: DENOIX (2014).....	68
Figura 52	A imagem (A), demonstra a presença de exostose no osso occipital. A imagem (B) demonstra a presença de uma mineralização do LN e em (C), temos a imagem ultrassonográfica	

da presença de desmiste de inserção com nova formação óssea no osso occipital. Fonte: DYSON (2011) ; KIDD *et al.* (2014). 70

Capítulo 2

- Figure 1 The left distance of 2 meters and the animal and the correct parallelism between the camera and the animal on the right.....111
- Figure 2 Illustration of the lateral neck thermal images taken in one of the animals during the study.....112
- Figure 3 Sketch demonstrating the training track for group 1 and group 2..113

Capítulo 3

- Figure 1 Thermographic equipment used model Flir E53.129
- Figure 2 The left distance of 2 meters and the animal and the correct parallelism between the camera and the animal on the right.....129
- Figure 3 Sketch demonstrating the training track for groups 1 and 2.....130
- Figure 4 Illustration of the lateral thermal images of the neck of one of the animals, taken during the study.131
- Figure 5 Esaote (r) ultrasound equipment model, Mylab 70 model with linear transducer and 10MHz.132
- Figure 6 Elucidating the thermographic and ultrasound examination in one of the study animals.132
- Figure 7 Thermal images of group 1, 24h after training.....133
- Figure 8 Thermal images of group 2, 24h after training133
- Figure 9 Ultrasonographic images of N1 (group 1), 24h after training.....134
- Figure 10 Ultrasonographic images of the N9 (group 2), 24h after training..135

SUMÁRIO

	Página
Lista de tabelas	vii
Lista de abreviações	ix
Lista de figuras	x
Capítulo 1	
RESUMO.....	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 Diagnóstico por imagem: histórico	6
2.2 Histórico e tecnologia da termografia infravermelha	7
2.3 Aspectos físicos da termografia	8
2.3.1 Espectros eletromagnéticos.....	8
2.3.2 Emissividade.....	13
2.3.3 Temperatura ambiente.....	15
2.3.4 Umidade do ar	15
2.3.5 Sensibilidade e resolução	16
2.3.6 Medicina veterinária equina e termografia	17
2.3.7 O paciente equino.....	21
2.3.8 Ambiente.....	23
2.3.9 Cuidados com o procedimento	24
2.3.10 Ajustando a câmera termográfica	25
2.4 A imagem termográfica	26
2.4.1 Interpretação do termograma	26
2.4.2 O pescoço equino no termograma.....	29
2.5 Ultrassonografia	31
2.5.1 A história da ultrassonografia	31
2.5.2 Aspectos físicos da técnica ultrassonográfica	35
2.5.3 Reflexão, impedância acústica, refração, dispersão e absorção	36
2.5.4 Modo B, modo M e ecogenicidade.....	38
2.5.5 Resolução da imagem e frequência do transdutor.....	39
2.5.6 A utilização do ultrassom na coluna cervical equina.....	40
2.6 Equinos em treinamento na modalidade equestre de salto: anatomia e biomecânica.....	48
2.6.1 Anatomia da coluna cervical	48
2.6.2 Aspectos anatômicos (vértebras, articulações e ligamentos)	49
2.6.3 Músculos cervicais.....	55
2.6.4 Biomecânica	62
2.6.5 Principais lesões cervicais de tecido mole ligadas ao exercício	69
2.6.6 Desmopatia de inserção do ligamento nugal	69
2.6.7 Bursite nugal	71
2.6.8 Discoespondilite.....	71
2.6.9 Miosite cervical	71
3. OBJETIVO.....	74

REFERÊNCIAS	75
Capítulo 2	
Abstract	86
Materials and Methodos	86
Results	88
Discussion	91
Conclusion	105
References	109
Capítulo 3	
Abstract	115
Intruduction	115
Materials and Methodos	119
Results	121
Discussion	124
Conclusion	126
References	126

CAPÍTULO 1

Estudo termográfico e ultrassonográfico da região cervical de equinos em treinamento na modalidade equestre de salto.

Resumo

Introdução

Revisão de Literatura

Objetivo

Referência

VENTURELLI, D.O. **Estudo termográfico e ultrassonográfico da região cervical de equinos em treinamento da modalidade hípica de salto.** Botucatu, 2021. 135p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

A coluna cervical é fundamental na movimentação e sustentação do pescoço nos equinos e os conhecimentos anatômicos e biomecânicos desses animais, são de extrema importância durante o exame do aparelho locomotor em equinos atletas. Tendo em vista que diversas afecções cervicais podem ter sua sede nas estruturas ósseas, no sistema nervoso ou em tecidos moles, como os músculos, estruturas altamente importantes nos animais de performance e uma vez que lesões musculares podem ocorrer devido ao exercício, os exames ultrassonográfico e termográficos tornam-se essenciais para a avaliação da coluna cervical. A termografia infravermelha (TIV) trata-se de uma técnica não ionizante e não invasiva que capta e registra a emissão térmica da pele, capaz de evidenciar afecções, ainda que precocemente, com quaisquer tipos de alteração de perfusão sanguínea, podendo acompanhar a evolução das enfermidades correlacionadas com essa área dentro da prática esportiva sob o prisma do processo inflamatório versus o aumento da temperatura local. O presente estudo teve como objetivo avaliar, pontos de tensão e biomecânica musculoesquelética por ultrassonografia e termografia nas regiões cranial, média e caudal da coluna cervical equina, pós exercício hípico da modalidade salto, verificando assim as diferenças e demanda entre as regiões e buscando achar um ponto de convergência entre ambas as técnicas. Foram utilizados 12 animais da raça Brasileiro de Hipismo (BH), divididos em 2 grupos de salto nas alturas em 1,00m e 1,40m, os quais foram avaliados pela termografia e ultrassonografia, pré e pós treino com 40 minutos, 2h e 24h após a prática esportiva. Os resultados gerais sugerem que a termografia foi eficaz em elucidar os pontos com maiores tensão causados pelo exercício, porém, não foi possível correlacionar com as imagens ultrassonográficas, as quais não apresentaram alterações nas estruturas musculares cervicais avaliadas, indicadas pelo aumento da temperatura elucidadas pela termografia.

Palavras-Chave: termografia, ultrassonografia, equino, hipismo, pescoço.

VENTURELLI, D.O. **Thermographic and ultrasonographic study of the neck of horses in training in the jumping equestrian modality.** Botucatu, 2021. 135p. Dissertation (Master's degree). School of Veterinary Medicine and Animal Science, Botucatu Campus, State University of São Paulo.

ABSTRACT

The cervical spine is essential in the movement and support of the neck in horses and the anatomical and biomechanical knowledge of these animals are extremely important during the examination of the locomotor system in athletic horses. Considering that several cervical affections can have their seat in bone structures, in the nervous system or in soft tissues, such as muscles, highly important structures in performance animals, since muscle injuries can occur due to exercise, the ultrasound examination makes essential for the assessment of the cervical spine. Infrared thermography (IVT) is a non-ionizing and non-invasive technique that captures and records the thermal emission of the skin, capable of showing affections, even early, with any type of blood perfusion alteration, and can monitor the evolution of diseases correlated with this area within sports practice from the perspective of the inflammatory process versus the increase in local temperature. This study aimed to evaluate stress points and musculoskeletal biomechanics by ultrasonography and thermography in the cranial, middle and caudal regions of the equine cervical spine, post equestrian exercise of the jumping modality, thus verifying the differences and demand between the regions and seeking to find a convergence point between both techniques. Twelve Brazilian Equestrian (BH) animals were used, divided into 2 high jump groups of 1.00m and 1.40m, which were evaluated by thermography and ultrasonography, pre and post training with 40 minutes, 2h and 24h after sports practice. The general results suggest that thermography was effective in elucidating the points with greater tension caused by the exercise, however, it was not possible to correlate with the ultrasound images, which did not show alterations in the evaluated cervical muscle structures, indicated by the increase in temperature by thermography.

Keywords: thermography, ultrasound, equine, horse riding, pescoço.

1. INTRODUÇÃO

A coluna cervical equina é uma estrutura altamente complexa e conhecida por ser vulnerável ao desenvolvimento de certas enfermidades, (ZSOLDOS *et al.*, 2015; LICKA *et al.*, 2015) sendo também a região mais propícia a traumas ou desenvolvimento de processos degenerativos, como as osteoartrites (FURST *et al.*, 2006; SPELTZ *et al.*, 2006). É fundamental na movimentação dos equinos e sustentação do pescoço, pois auxilia na fase de propulsão durante o galope unindo membros torácicos e pélvicos (DENOIX, 2004).

Os conhecimentos anatômicos e biomecânicos desses animais, são de extrema importância, visando assim melhor condução e eficiência durante o exame do aparelho locomotor, resultando em um diagnóstico mais preciso e conseqüentemente, um tratamento mais eficaz das enfermidades ligadas à coluna cervical (HAUSSLER, 2016).

Levando-se em consideração que a claudicação dos equinos pode estar diretamente relacionada ao acometimento da região cervical e que somente os exames físicos e radiográficos sejam insuficientes para identificar o local exato da dor, torna-se importante uma investigação mais precisa dessa região (BERG *et al.*, 2002; FONSECA *et al.*, 2006).

As afecções da coluna cervical podem ter sua sede nas estruturas ósseas, no sistema nervoso ou tecidos moles. Nesse último, as principais lesões são as desmopatia da inserção do ligamento nugal (LN), bursites nugal cranial ou caudal, e embora não seja comum, a discoespondilite também pode acometer os equinos e levar à claudicação dos membros torácicos e ataxia (DYSON, 2011; HAUSSLER, 2016). Já as lesões musculares podem ocorrer devido a traumas, exercício ou injeções intramusculares (DYSON, 2016). Tendo em vista, desse contexto com diversas possibilidades de agentes causadores de lesões cervicais e tendo em vista sua vasta aplicação, o exame ultrassonográfico torna-se essencial para a avaliação da coluna cervical, pois proporciona uma avaliação dinâmica dos ligamentos, tendões, musculatura, facetas articulares, além de poder servir como guia para infiltrações, auxiliando também nos tratamentos.

Juntamente com o avanço substancial dos meios de diagnóstico, o uso da termografia vem crescendo e se expandindo em diversas especialidades na medicina veterinária, como um método complementar no diagnóstico de processos inflamatórios em diferentes espécies de animais, assim como na detecção precoce de enfermidades. Trata-se de uma técnica não ionizante e não invasiva que capta e registra a emissão térmica da pele, capaz de evidenciar afecções com quaisquer tipos de alteração de perfusão sanguínea como inflamações, tumores, fibroses, neuropatias ou isquemias, permitindo o diagnóstico de problemas relacionados a tendões, ligamentos, articulações, músculos e ossos. (CENTINKAYA; DEMIRUTIKO, 2012; INFERNUSO *et al.*, 2010; GROSSBARD *et al.*, 20140).

O presente estudo teve como objetivo avaliar, pontos de tensão e biomecânica musculoesquelética por ultrassonografia e termografia nas regiões cranial, média e caudal da coluna cervical equina, pós exercício hípico da modalidade salto, verificando assim as diferenças e demanda entre as regiões.

A realização desse projeto, pode contribuir para avaliação dos efeitos musculoesquelético e biomecânico frente ao exercício hípico na região cervical dos equinos atletas, por meio ultrassonográfico e termográfico, auxiliando nos diagnósticos relacionados a estas estruturas, tais como fraturas, doenças neurológicas, desmites, malformações, doenças degenerativas e inflamações agudas em pontos de tensão relacionadas a biomecânica do salto, permitindo ao profissional um diagnóstico precoce e tratamento devidamente direcionado. Ainda com o uso do método da termografia, é possível realizar o acompanhamento e a evolução das enfermidades correlacionadas com a área afetada e a prática esportiva sob o prisma do processo inflamatório versus aumento da temperatura local.

Como cada exame utilizado avalia e utiliza métodos diferentes, o objetivo é achar um ponto de convergência entre ambos para ver se há correlação entre os achados ou não.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Diagnóstico por imagem: histórico

Em 1895, o físico alemão Wilhelm Rontgen descobriu os raios - X (RX) iniciando a era do diagnóstico por imagem. A aplicabilidade médica evoluiu com o uso de técnicas de diagnóstico e foi se modernizando com o passar das décadas. (AMORT; KRAMER,2014).

A partir do surgimento do computador as imagens puderam ser processadas com melhor qualidade e de maneira mais rápida como para algumas modalidades diagnósticas com imagens em tempo real, como ressonância magnética (RM), tomografia computadorizada (TC) e ultrassonografia (US)(JHONSON, 2013).

Na década de 1940 foi desenvolvida a ultrassonografia, nela, como base tecnológica para a formação de imagens, utiliza-se os princípios de eco de ondas sonoras (NEWMAN; ROZYCKI,1998). O campo da ultrassonografia veterinária cresceu nos últimos 30 anos, com avanços tecnológicos exponenciais desde o seu primeiro uso, podendo ser agora utilizados em estruturas e sistemas corpóreos que antes não eram considerados adequados para o exame ultrassonográfico. Muitos veterinários na prática equina atualmente possuem acesso às tecnologias ultrassonográficas e radiológicas que se tornaram os pilares do diagnóstico por imagem em equinos. A ultrassonografia possui a vantagem de não ser invasiva e ser complementar ao diagnóstico por imagem (PALGRAVE; KIDD, 2014).

Em 1950, iniciou-se o seu desenvolvimento da termografia infravermelha (TIV) e diferentemente dos outros exames, essa ferramenta diagnóstica consegue captar a energia térmica emitida pelo paciente ou objeto, sendo um exame inócuo (MARINO; LOUGHIN,2010).

Através do uso de sistemas automatizados e constante evolução desde a década de 50, a TIV só se tornou mais dinâmica e com imagens simultâneas somente após os anos 2000, o que possibilitou a sua utilização em pequenos animais (VAINIONPAA *et al.*, 2012b; REDAELI *et al.*, 2014; VAINIONPAA, 2014; RIZZO *et al.*, 2017).

As melhorias no poder dos processadores, na portabilidade, na resolução das telas e componentes eletrônicos nas últimas décadas, fez com que estes elementos se tornassem cada vez menores e mais acessíveis (RING, 2004; WU, 2007).

2.2 Histórico e tecnologia da termografia infravermelha

Hipócrates começou a documentar a termologia como ciência médica em 400 a. C, postulando que “ Em qualquer parte do corpo, se houver excesso de calor ou de frio, a doença existe e é para ser descoberta” (LAHIRI *et al.*, 2012; CÔRTE; HERNANDEZ, 2016). Em meio a tentativas de se localizar alterações de temperatura, utilizava-se a lama, que uma vez passada no corpo, no local cuja a secagem era mais rápida, localizava-se a região com maior temperatura no corpo (FERREIRA *et al.*, 2016).

Séculos mais tarde, Newton, iniciou uma sequência de diversos descobrimentos que contribuíram com o avanço da tecnologia infravermelha, como a descrição das frações de luz branca, feita em 1664, através da utilização de um prisma, demonstrando em uma tela, as diversas cores, dando a essa imagem colorida e alongada o nome de “espectro”, descrevendo em 1672 como conceito de luz a “mistura heterogênea de raios com diferentes refrangibilidades” (SILVA; MARTINS, 2003.)

A descoberta da radiação térmica, ou seja, essa luz invisível que mais tarde passaria a ser chamada de radiação infravermelha, se deu no ano de 1800, pelo alemão naturalizado inglês, o Sir William Hershel (HERSHEL, 1800b; RING, 2000).

HERSHEL(1800a), decidiu em seu experimento, medir a temperatura após a cor vermelha, descobrindo então que mesmo não tendo luz nessa região, a temperatura aumenta e eleva os índices de calor, concluindo após alguns testes que a radiação nessa região também sofria os mesmos efeitos da reflexão, da refração, da absorção e transmissão da mesma forma que a luz visível (RING, 200), obtendo-se no ano de 1840 mesmo que de forma rudimentar, o primeiro registro da imagem térmica no papel, também conhecido na época por termógrafo. (FLIR SYSTEMS, 2013).

Em 1871, Wunderlich aferia e comparava a temperatura de indivíduos com febre com a temperatura de indivíduos normais, estabelecendo a temperatura como um indicador científico de enfermidade e assim, se tornando o primeiro a determinar a temperatura como uma ferramenta clínica. O papel fisiológico da emissão infravermelha pelo corpo humano, foi descrito por James D. Hardy em 1934, abrindo o caminho para o uso da termografia infravermelha em ciências médicas. A tecnologia do infravermelho, ganhou destaque durante a Segunda Guerra Mundial, com o interesse de usar essa ferramenta na detecção dos alvos inimigos (LAHIRI *et al.*, 2012).

Em 1957, foi realizada por R. N. Lawson, como ferramenta de diagnóstico médico, a primeira termografia em tumor de mama, descobrindo-se que a temperatura na área do tumor era maior que no tecido normal (JIANG *et al.*, 2005). Já na medicina veterinária, a medicina equestre foi a pioneira em utilizar a termografia na década de 1960, quando o sistema de aquisição de imagens era lento e para realizar uma única imagem demorava-se mais do que 5 minutos (SMITH, 1964).

As primeiras câmeras comerciais surgiram em 1970 (ARFFAOUI *et al.*, 2012), mas somente em 1987, mesmo diante de muitas evoluções, a termografia de infravermelho foi reconhecida como ferramenta de diagnóstico no campo médico pelo conselho da American Medical Association (HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010; AMORIM *et al.*, 2018).

Com a evolução dos aparelhos termográficos e o processamento de imagens através dos softwares disponíveis, o uso dessa ferramenta deve ser cada vez mais alavancado e utilizado também na detecção precoce das enfermidades que produzem alterações na temperatura corpórea (NG, 2009).

2.3 Aspectos físicos da termografia

2.3.1 Espectros eletromagnéticos

Uma câmera termográfica infravermelho não pode ser considerada como um termômetro de maneira direta, uma vez que ela não aferi a temperatura do corpo, aferindo a radiação infravermelha, esta por sua vez, é formada por ondas eletromagnéticas com comprimentos de ondas maiores do que as ondas

eletromagnéticas visíveis aos olhos humanos, sendo emitida por um corpo que tem temperatura superior ao zero absoluto (0° Kelvin), assim, quanto maior a temperatura do objeto, maior será a energia irradiada. (MEOLA, 2012b).



Figura 1 - Espectro eletromagnético da radiação infravermelha. Fonte: SOROKO MOREL (2016).

A temperatura de um corpo relaciona-se com a vibração dos seus átomos em torno de um ponto de equilíbrio, o que resulta em energia eletromagnética (BARREIROS *et al.*, 2006). Deste modo, para a captação das ondas eletromagnéticas com comprimento de ondas invisíveis a olho nú, utiliza-se a câmera termográfica sendo esta capaz de captar a radiação infravermelha irradiada de um objeto com temperatura acima do zero absoluto, transformando-a em um sinal elétrico (MODEST, 2013), fazendo com que a imagem invisível seja processada e convertida em uma imagem visível e colorida, denominada termograma (equação de Stefan-Boltzmann). No termograma, o valor da temperatura e a intensidade das cores são diretamente proporcionais à intensidade da radiação infravermelha, como ao do sinal elétrico (GAUSSORGUES, 1994).

EQUAÇÃO DE STEFAN-BOLTZMANN:

$$R = \epsilon\sigma T^4$$

Onde:

ϵ - é a emissividade da superfície, capacidade que a superfície tem de emitir e absorver radiação. Nos tecidos biológicos, isso pode variar entre 0,95 e 1,0.

σ - é a constante de Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$)

T - significa a temperatura absoluta da superfície em Kelvin ($^{\circ} \text{K}$)

O espectro eletromagnético pode ser dividido em várias regiões, ficando delimitada como a região infravermelha a região com amplo espectro de comprimento de ondas, ou seja, entre $0,8 \mu\text{m}$ e $1000 \mu\text{m}$. Para a utilização da técnica de termografia, os dispositivos termográficos, entretanto, trabalham em um espectro de comprimento de onda menor, ou seja, entre $0,8 \mu\text{m}$ e $14 \mu\text{m}$, pois ondas com comprimentos maiores sofrem muita interferência. Ainda dentro dessa faixa, os dispositivos são subdivididos em relação à sensibilidade até determinados comprimentos de onda, classificados como comprimento pequeno, quando próximo ao infravermelho com espectro de $0,8 \mu\text{m}$ e $1,7 \mu\text{m}$, quando o espectro vai de $1 \mu\text{m}$ a $2,5 \mu\text{m}$ é chamado de moderado e por fim, de longo comprimento, quando o espectro está entre $8 \mu\text{m}$ e $14 \mu\text{m}$. Assim, os espectros com maior utilização são os de comprimento moderado e longo, porém, respeitando as leis de Wien, a temperatura esperada do objeto estudado deve ser levada em consideração, uma vez que temperaturas muito elevadas, emitem grande parte da radiação com comprimento de ondas pequeno, sendo dessa forma melhor avaliado com equipamentos com comprimentos de ondas próximos a pequenos. Os termógrafos ainda podem ser categorizados de acordo com a sua resolução (medida em quantidade de linhas e colunas, denominada pixels), velocidade de aquisição (medida em quadros, com valores de 30-60 Hz), sensibilidade e quantização espacial

(medida em pixels, quanto maior o número de pixels, maior a sensibilidade). (USAMANTIAGA *et al.*, 2014).

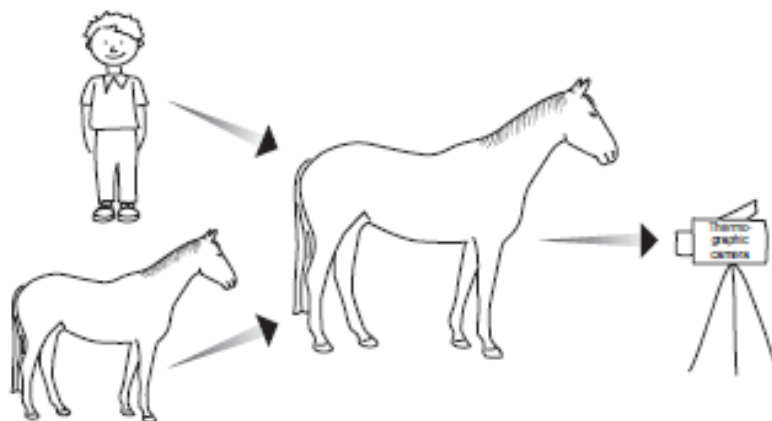


Figura 2 - A superfície do corpo do cavalo emite, absorve e reflete a radiação infravermelha, a partir dos objetos ao redor. Fonte: SOROKO; MOREL (2016).

O corpo do animal emite radiação infravermelha de comprimentos de onda de cerca de 3 a 50 μm . O pico de comprimento de onda emitido depende da temperatura ambiente. Esta, está relacionada à seguinte regra: quanto maior a temperatura ambiente, maior a temperatura da superfície corporal, o que resulta em radiação de comprimentos de onda mais curtos sendo emitidos. No caso de baixa temperatura ambiente, com a temperatura de superfície inferior à do corpo, resulta na emissão de radiação de comprimento de onda mais longo. (CENA, 1974).

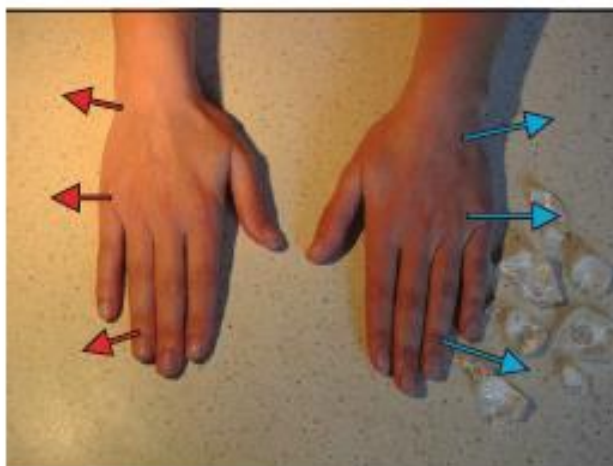


Figura 3 - A mão direita emite radiação infravermelha de ondas curtas, enquanto a mão esquerda, com a temperatura mais fria emite radiação infravermelha de ondas longas. Fonte: SOROKO; MOREL, 2016).

Adicionalmente, sabe-se que toda a energia emitida sobre um corpo pode se dissipar por até três métodos diferentes, sendo eles absorção, reflexão e transmissão. (MOLMANN *et al.*, 2005). Com isso, a soma das frações de cada energia dissipada pelos métodos tem que totalizar um, e isso, para qualquer comprimento de onda.

A emissão, bem como a radiação infravermelha absorvida e refletida, propagam-se isotropicamente (em todas as direções) do corpo do animal (SOROKO, MOREL, 2016).



Figura 4 - Irradiação infravermelha isotrópica emitida pela superfície corpórea do cavalo. Fonte: SOROKO, MOREL 2016).

Objetos com características típicas, inerentes, são chamados de corpos negros ou objetos opacos, neles, além de não ocorrer transmissão,

também não ocorre reflexão da radiação infravermelho (USAMENTIAGA et al., 2014).

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} + \tau_{\lambda} = 1$$

absorção reflexão transmissão

Figura 5 - Fórmula que demonstra a dissipação da energia emitida sobre o corpo. Fonte: USAMENTIAGA et al., 2014).

Através da função da sua temperatura e do comprimento de onda da radiação irradiada, pela lei de Planck, torna-se possível avaliar e calcular a radiação eletromagnética emitida pelo seu corpo, assim, por essa lei, demonstra-se que dependendo da temperatura, a energia irradiada de um objeto pode ter diferentes comprimentos de onda. (USAMENTIAGA et al., 2014).

2.3.2 Emissividade

Outra característica e também um conceito físico de um corpo é a emissividade, que tem por definição o resultado da razão da radiação emitida por um corpo real em função da radiação cujo um corpo negro emite a mesma temperatura. (USAMENTIAGA et al., 2014). Sendo o corpo negro um conceito teórico, que considera a hipótese de que exista um objeto com capacidade de absorver 100% da radiação eletromagnética e não transmitir ou refletir nenhuma energia (LUZI et al., 2013).

$\frac{W}{W_b} = \varepsilon$	$W = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$
A	B

Figura 6 - Fórmulas Físicas. Emissividade (A). Radiância; Lei de Stefan-Boltzmann (B). Legenda: W- Radiância; Wb- Radiância do corpo negro; ε -

Emissividade; σ - Constante; T- Temperatura. Fonte: USAMENTIAGA et al. (2014).

Dessa maneira, objetos com baixa emissividade, emitem maior radiação do que objetos com alta emissividade, com isso, em um objeto com baixa emissividade ao ser avaliado, tem-se que pequenos erros no ajuste da emissividade, poderia acarretar em um erro grande na precisão da temperatura adquirida pela câmera termográfica, diretamente se o objeto estudado for animais, por exemplo, os quais apresentam uma emissividade preconizada entre 0,97 – 1,0, tais erros de avaliação dessa emissividade, não acarretariam em resultados altamente discrepantes (REDAELLI et al., 2014).

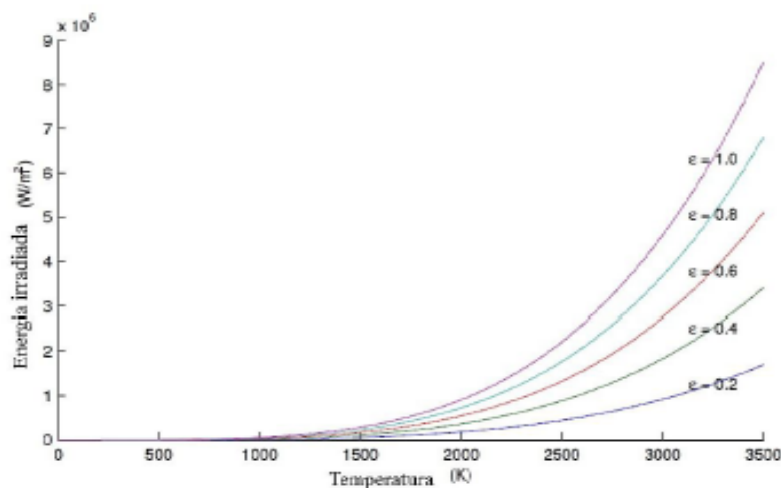


Figura 7 - Gráfico ilustrativo da Lei de Stefan-Boltzmann. Energia irradiada como produto da temperatura e emissividade. Fonte: USAMENTIAGA et al. (2014).

Existe ainda pouca descrição de emissividade ideal em animais, seja para determinada espécie ou tipo de pelagem (SOROKO; MOREL, 2016)

Tão importante como conhecer a relevância da emissividade das superfícies biológicas, é compreender que a garantia de todas as imagens térmicas, deverão ser realizadas, tendo-se em mente um bom conhecimento das capacidades da tecnologia, bem como o conhecimento das limitações físicas (LUZI et al., 2014).

2.3.3 Temperatura ambiente

O corpo do animal emite radiação infravermelha com comprimentos de onda de 3 a 50 μm . O pico de comprimento de onda emitido, depende da temperatura ambiente. Isso está relacionado à seguinte regra, quanto mais alta a temperatura ambiente, mais alta a temperatura da superfície corpórea, o que resulta na emissão de radiação de comprimentos de ondas mais curtos. No caso de baixas temperaturas ambiente, a temperatura da superfície corpórea mais baixa, resulta em comprimento de ondas mais longo. Devido à faixa de temperatura ambiente normalmente encontrada, as câmeras térmicas de ondas longas são preferidas para os exames de animais (SOROKO; MOREL, 2016).

2.3.4 Umidade do ar

Além dos fatores do objeto em si, como emissividade, superfície, presença de pêlos, há outros fatores importantes como angulação e distância da câmera em relação ao objeto, calibrações internas da câmera, escala térmica e espectro de cores, bem como os fatores ambientais e arredores, como velocidade do vento, temperatura refletida, temperatura atmosférica e umidade do ar. (OKADA *et al.*, 2013).

Quanto aos fatores ambientais, nota-se que a velocidade do vento, bem como a umidade, influenciam na temperatura aferida com o método infravermelho, aumentando a temperatura. Dentro desse contexto, foi possível observar e explicar que há atrito da corrente de ar com o objeto, aumentando assim a agitação das partículas de água e gás carbônico atmosférico, aquecendo a superfície, com produção de calor e aumento da absorção da temperatura refletida em torno do objeto. (OKADA *et al.*, 2013).

O fator de transmissão de temperatura através da umidade relativa do ar, pode ser compensado pela câmera e para distâncias curtas, indica-se um valor predefinido de 50 % (FLYR SYSTEMS, 2013).

2.3.5 Sensibilidade e resolução

Dentre parâmetros importantes para um sensor térmico, estão a sensibilidade (Kelvin, Fahrenheit e Celsius) e a resolução (pixels) (LUZI *et al.*, 2013).

Comparada à uma palpação durante o exame físico, a sensibilidade na detecção do calor chega a ser 40 vezes maior, uma vez que aparelhos com uma sensibilidade superior, conseguem detectar variações inferiores a 0,025°C (VAINIONPÄÄ *et al.*, 2021b; WALLACE *et al.*, 2017). Isso é valioso, pois na aplicabilidade médica, essas variações de temperatura local, podem causar aumento da temperatura na superfície da pele e problemas como tumores, angiogênese e inflamações, podem ser detectados previamente, antes da apresentação dos sinais clínicos (EDDY; VAN HOOGMOED; SNYDER, 2001; BEZERRA, 2007).

Quanto à resolução da temperatura, afirma-se que ela é semelhante ao número de cores exibidas em uma fotografia colorida ou uma tela de computador, sendo que quanto melhor for essa resolução, ou seja, quanto maior for a matriz de pixels, as transições de temperaturas serão mais suaves, assim, se o paciente como objeto de estudo, possuir gradientes de temperatura bem sutis, estes serão vinculados ao objeto e não à câmera (DIAKIDES; BRONZINO; PETERSON, 2013).

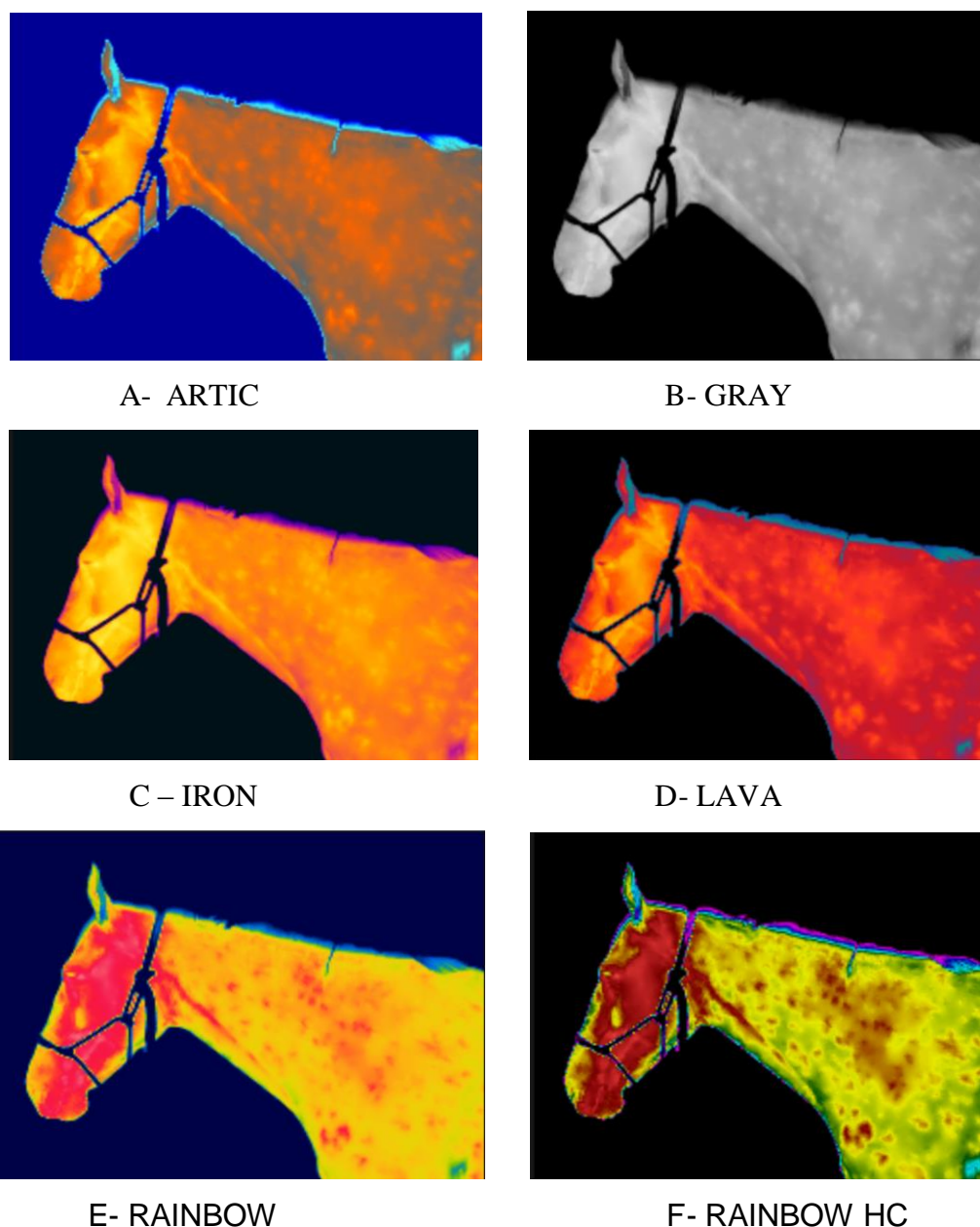


Figura 8 - Demonstração das imagens térmicas de um mesmo cavalo, da raça Brasileiro de Hipismo, em vista lateral do pescoço esquerdo, elucidando aspecto normal das diferentes palhetas de cores, oferecidas pelo software FLIR Tools®, demonstrando nas figuras: A- ARTIC; B- GRAY; C- IRON; D- LAVA; E- RAINBOW; F- RAINBOW HC. Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2021).

2.3.6 Medicina veterinária equina e termografia

Baseando-se no conhecimento dos mecanismos de termorregulação e mecanismos que podem alterar a irradiação emitida por um tecido, é crescente o uso da termografia infravermelho tanto na medicina humana, quanto na medicina veterinária, uma vez que a técnica pode ser aplicada dentro das mais

variadas especialidades como dermatologia, oncologia, ortopedia, cirurgia, odontologia, fisioterapia e até em casos de saúde pública e medicina do trabalho, como uma ferramenta auxiliar no diagnóstico, no acompanhamento e no prognóstico (SE – WOOK *et al.*, 2005).

O pioneirismo no uso da técnica dentro da medicina veterinária, ocorreu entre a década de 1960 e 1970, na clínica de grandes animais, (HURNIK *et al.*, 1984) quando foi estabelecido por PUROHIT *et al.* (1977), o primeiro protocolo afim de se padronizar os valores normais de temperatura nos membros de cavalos saudáveis, além de outras partes do corpo, assim, esse protocolo também foi utilizado para detectar precocemente inflamações nos cascos e tendões dos equinos de corrida. A maior dificuldade das pesquisas iniciais com a espécie, estava relacionada com os equipamentos disponíveis na época, pois eram pesados, grandes, lentos na obtenção das imagens, podendo levar até 5 minutos para obter uma única imagem, além de baixa resolução (WU, 2007).

A medicina equina, dentre todas as especialidades veterinárias, é a que mais se destaca no uso da técnica de termografia infravermelho, principalmente na medicina esportiva equina (HOLMES *et al.*, 2003.). Nessa espécie, por meio de estudos, foi possível comprovar a eficiência do exame termográfico em lesões toracolombares, no auxílio do diagnóstico em lombalgias causadas por pressões assimétrica da sela (ARRUDA, 2010), de tendinite e sinovite (TURNER, 2001), laminite (ÇENTIINKAYA; DEMIRUKTU, 2011) e lombalgias (FONSECA *et al.*, 2006). Dentro ainda da medicina esportiva equina, o uso da termografia, vem sendo aplicado para detectar lesões musculoesqueléticas subclínicas pós exercícios com alta intensidade, assim como para estudar os mecanismos de termorregulação durante a atividade física (VAN HOOGMOED; SNYDER, 2002), contribuindo no auxílio de diagnóstico de cavalos com diminuição do desempenho esportivo (FIGUEIREDO *et al.*, 2012).

PUROHIT & MCCOY (1980), como pesquisadores pioneiros na avaliação da aplicabilidade da termografia em processos inflamatórios em equinos, examinaram animais pré e pós exercício e animais apresentando processos inflamatórios agudos induzidos quimicamente e verificaram

posteriormente a atuação das drogas anti-inflamatórias. Concluíram que no diagnóstico de subluxações de vértebras lombares, artrites, tendinites, abscessos alveolares, laminite e abscessos subsolar, a termografia se mostrou eficaz. Ainda verificaram que ela foi extremamente útil para avaliação da eficácia dos anti-inflamatórios, tanto qualitativa, quanto quantitativamente.

Desde que operada por um profissional competente e experiente, ÇENTINKAYA & DEMIRUTKU (2012), concluíram que a termografia, como um método auxiliar é altamente sensível, quando comparada à radiografia e ultrassonografia, no diagnóstico de tendinite, tenossinovite, lombalgia, efusão articular e infecções do tecido conjuntivo.

Se tratando de problemas de coluna em equinos, a prevalência é de 0,9%. Incluindo sinais clínicos variados, como atitudes de autoproteção, dor à palpação, claudicação, bem como relutância a certos movimentos, a termografia demonstrou-se 98,5% eficaz na sensibilidade na detecção das lombalgias (TURNER, 2010).

SIMON et al. (2006), em um estudo avaliando as variações de temperatura provocadas pelo exercício em esteira rolante nos membros de seis equinos, nos tempos 0, 5, 15, 45, 60 minutos e 6 horas após o esforço, demonstraram que após 45 minutos do fim da atividade, a temperatura dos membros já havia retornado ao normal.

Cada vez mais a termografia tem-se mostrado útil na medicina esportiva equina pela capacidade de identificação de mudanças anormais de temperaturas superficiais provocadas por danos musculares, mas ainda apresenta um valor bem limitado no que diz respeito a lesões profundas. Ao se avaliar agrupamentos musculares, deve-se tomar o cuidado em sempre utilizar o lado contralateral como comparação. As miosites são vistas como hot spots na pele, diretamente em cima do músculo afetado, sendo os pontos mais comuns de tensão muscular de esforço, também chamados de strain e sendo alguns músculos mais fáceis de serem avaliados na termografia, tais como os músculos dos membros pélvicos, como o mm. longuíssimo dorsal, mm. semitendinoso e semi membranoso, mm. adutor da coxa, mm. bíceps femural, mm. glúteo médio, bem como a inserção dos mm. glúteos nos trocanteres do fêmur (VALBERG, 2006).

A afecções de cascos, assim como os efeitos causados pelo uso da ferradura, podem ser avaliados de maneira bem rápida e satisfatória com a técnica de termografia. A banda coronária é a região com maior temperatura do casco, a qual vai se tornando de forma progressiva mais fria em direção à pinça e ao solo. Assim como a cora do casco, os bulbos do talão em geral, também se apresentam de forma mais quente (BATHE *et al.*,2007).

Segundo MITCHEL (2009), durante um exame de compra de um cavalo atleta, a termografia se torna uma importante ferramenta por ser capaz de detectar de forma precoce a presença de lesões em coluna e membros, podendo auxiliar e direcionar para exames mais detalhados como a ultrassonografia e o raio-X, otimizando a avaliação do animal de forma organizada, sistemática e objetiva.

Para a detecção de neurectomias química (VAN HOOGMOED & SNYDER, 2002), bem como anestésias perineurais, HOLMES *et al.* (2003) realizaram estudos que impulsionaram o uso da termografia em competições equestres oficiais, como parte do controle antidoping (WEBBON, 2002). Assim a Federação Equestre Internacional (FEI), através de um regulamento criado em 12 de janeiro 2012 (Anexo XI), propôs que os médicos veterinários delegados dos concursos, fizessem uso de um método de exame de hipersensibilidade nos membros. Dessa forma, os quatro membros dos cavalos, antes mesmo do exame clínico, devem ser avaliados por uma câmera termográfica, tanto quanto no período em que estão na baia descansando, quanto logo após o término da sua prova, de forma que os veterinários devem avaliar diferenças nas temperaturas entre os membros contralaterais, muito altas ou muito baixas. Após a termografia, os membros são avaliados e palpados com o objetivo de possíveis lesões dolorosas serem identificadas. Caso haja assimetrias nas imagens, ou seja, acima de 1°C entre as mesmas regiões dos membros contralaterais, sendo eles *hot spots* (pontos quentes), *cold spots* (pontos frios) ou alguma região dolorida, os animais são desclassificados da competição (BASILE *et al.*, 2012).

Enfim, são diversos benefícios e utilidades oferecidos pela termografia na medicina veterinária. Ao utilizar-se da técnica, deve-se considerar que a termografia mesmo sendo um método auxiliar, ela agrega valores nas

consultas clínicas e hospitalares, bem como possibilita um diagnóstico precoce, oferecendo um prognóstico favorável, sendo também um método não invasivo, indolor e sem radiação ionizante (BASILE *et al.*, 2012).

Assim como qualquer exame ou método auxiliar diagnóstico, a termografia requer para a sua execução, que seja realizada com cautela e rigor, como a interpretação das imagens resultantes, pois a falta de critérios para a realização do exame, pode resultar em artefatos e isso pode induzir a erros de interpretações (BASILE *et al.*, 2012b).

2.3.7 O paciente equino

Para SOROKO e MOREL (2016), dentre as preparações que os animais devem receber para a realização da termografia, incluem-se avaliar alterações que possam influenciar na microcirculação da pele, como estresse, umidade dos pêlos, exercício físico, alterações neurais, fatores climáticos como estação do ano, comprimento dos pêlos, algias ou algum processo inflamatório, sujidades, bem como o uso de medicamentos parenterais ou tópicos.

Assim, para um equino ser avaliado termograficamente, requer-se que o mesmo seja aclimatizado por um período mínimo de 20 minutos no local onde serão feitas as imagens, que pode ser própria baia do animal. Porém, para TUNLEY e HENSON (2004), o tempo necessário para que a aclimatização e estabilização absoluta da temperatura aconteça, é aproximadamente de 40 e 60 minutos, já para PALMER (1983), um período maior se faz necessário quando o animal foi exposto à algum tipo de exercício ou estava num ambiente com temperatura ambiente muito diferente daquela onde será realizada a imagem.

Logo, padrões foram estabelecidos na prática veterinária equina, com isso, para aumentar o valor do diagnóstico, os seguintes protocolos devem ser adotados quando relacionados aos cavalos como, ser examinado antes do período de repouso ao aclimatização, estar em repouso há pelo menos 1 hora, não conter sujidades em seus pêlos e estar com os mesmos rasqueados, não estar úmido nem molhado, pois a água diminui a temperatura da superfície corpórea, assim como o corpo, os membros devem ser rasqueados e os cascos devem estar limpos, medicamentos sistêmicos e locais não devem ser

realizados antes do exame , sendo que a última aplicação deve ser feita até 24h antes do mesmo (SOROKO; MOREL, 2016).

Variações nos comprimentos dos pêlos, podem confundir a interpretação das imagens (VON SCHWEINITZ, 1999). Assim, estudos foram realizados para entender o efeito desses comprimentos e da tricotomia nos exames termográficos. Ficou elucidado que membros com tricotomia, se mostraram sempre mais quentes no termograma e que, tanto membros com os pêlos intactos, quanto os animais que estavam com os membros tricotomizados, apresentaram o mesmo acréscimo de temperatura, após o exercício. Animais ligados, podem ter a imagem e temperatura alteradas assim que as ligas são retiradas, então os mesmos devem estar sem elas há pelo menos 3 horas antes do exame (TURNER *et al.*, 1983). Mantas acolchoadas e protetores de sela siliconados devem ser retirados com 30 minutos e mantas com tecidos elásticos como Lycra®, devem ser utilizados até 1 dia antes do exame por serem muito aderentes e alterar a temperatura da superfície da pele (PALMER, 1981). Se o exame for na região do pescoço, a crina deve ser amarrada, afim de se evitar o contato com a pele evitando-se o aumento da temperatura naquele local.

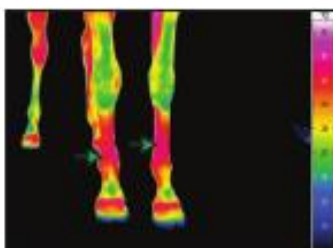


Figura 9 -Termograma dos membros anteriores, mostrando aumento evidenciado da temperatura, após 2h da retirada das ligas. SOROKO E MOREL (2016).

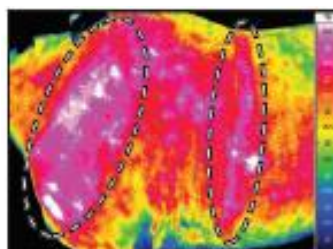


Figura 10 - Termograma da região do ombro e costado, estavam em contato com tecido de material elástico. SOROKO E MOREL (2016).

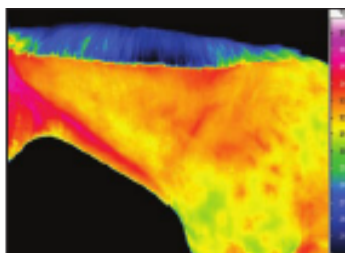


Figura 11 - Termograma do lado esquerdo do pescoço mostrando que a crina absorve toda radiação infravermelha, fazendo com que as demais áreas do pescoço pareçam mais frias. Fonte : SOROKO E MOREL (2016).

Marcas a frio ou à fogo na pele, assim como cicatrizes, podem influenciar a temperatura da região avaliada. O animal também não deve receber nenhum tipo de fisioterapia com calor (40°C) e frio (4°C), no período de 24h antes do exame, pois tais terapias, podem aumentar a temperatura em até 2,5°C após 2h (se utilizado frio) e 3,7°C após 75 min (se utilizada a terapia com calor). Assim, ficou relatado que o uso de ultrassom terapêutico em região dos tendões, por 10 minutos, aumentou a temperatura por mais de 1h. Tratamentos realizados com acupuntura, devem ser evitados pelo menos 1 semana antes do exame (EDDY *et al.*, 2001).

2.3.8 Ambiente

O exame termográfico deve ser realizado em um ambiente interno, fresco, arejado, com temperatura estável, pois variações extremas na temperatura ambiente podem fazer com que haja assimetrias na distribuição da temperatura na superfície do corpo. A faixa de temperatura ambiente ideal para a realização da termografia em equinos varia de 20°C – 25°C, acima de 25°, se torna mais difícil obter um gradiente entre as temperaturas ambiente e da superfície corpórea, com isso um local inflamado pode acabar sendo mascarado. Já temperaturas ambiente abaixo de 12°C, diminuem a circulação sanguínea, reduzindo a temperatura da superfície corporal. (PALMER, 1981). Esse ambiente, que muitas vezes pode acabar sendo a própria baia, deve estar livre de correntes de ar, livre da incidência da luz solar e de fontes de calor. A presença de altos níveis de partículas de poeira no ar, pode interferir com a radiação infravermelha, uma vez que a poeira reduz a quantidade e a

qualidade de energia das ondas eletromagnéticas captadas pela câmera termográfica. (PALMER, 1981; TURNER, 1991).

2.3.9 Cuidados com o procedimento

Quando se foca em uma região ou lesão, deve-se ter o cuidado de mantê-la enquadrada, incluindo a área de tecido saudável. Se for necessário fazer o acompanhamento da mesma lesão, é importante que as imagens sejam obtidas sempre com a mesma distância para que efeitos ruins de resolução sejam eliminados, bem como serem feitas com a regularidade do mesmo horário(sempre cedo ou sempre à tarde), de tal forma que não haja grandes variações entre as temperaturas corpóreas e a do ambiente, assim como , é importante que não haja interferência nesse enquadramento, como pessoas, umidade no chão, fezes, objetos, evitando-se assim erros de interpretação do profissional (BASILE, 2012).

Body area	Distance (m)
Distal limbs	1-1.5
Back and croup of the horse from the dorsal aspect	1.5-2
Head, neck, shoulder, chest and croup area from the lateral aspect	2
Lateral aspect of the horse body	7

Figura 12 - Distâncias recomendadas entre cavalos e a câmera, especificamente para áreas corpóreas de equinos. Fonte: SOROKO e MOREL (2016).

Nos equinos, o posicionamento da câmera termográfica, pode ser feito com o auxílio de um tripé ou com um dispositivo portátil empunhado, desde que a câmera sempre fique perpendicular (90°) à área a ser examinada. Uma boa imagem, depende de um distanciamento correto, para isso, o chão pode ser demarcado, mantendo-se constante esse distanciamento caso sejam feitas mais imagens sequenciais de acompanhamento, pois uma alteração de meio metro pode ser o suficiente para manter as temperaturas inconsistentes, em função das limitações ópticas das câmeras. Para regiões simétricas do corpo como o pescoço (lado esquerdo e lado direito do pescoço), as imagens devem ser realizadas de forma separadas, porém, deve-se manter o mesmo posicionamento em ambas as imagens (SOROKO; MOREL,2016)

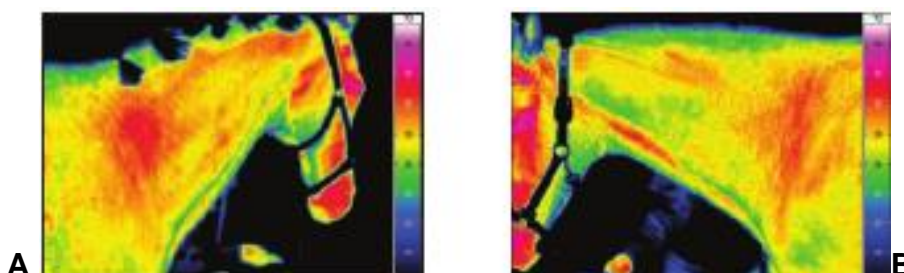


Figura 13 - Termograma do lado direito do pescoço, pelo aspecto lateral, ilustrando o posicionamento incorreto em relação à câmera (A). Termograma do lado esquerdo do pescoço, pelo aspecto lateral, ilustrando o posicionamento correto do pescoço em relação à câmera (perpendicular) (B). Fonte: SOROKO e MOREL (2016).

2.3.10 Ajustando a câmera termográfica

A perda de calor pela pele é um mecanismo bastante eficiente em virtude da combinação de propriedades da pele com a circulação sanguínea, dessa forma esse mecanismo apresenta características muito similares aos de emissividade de um corpo negro, logo, a câmera termográfica deve ser configurada para realizar a leitura de emissividade = 0,98 ($\epsilon = 0,98$) (PASCOE *et al.*, 2008).

A melhor maneira de configurar o termógrafo é deixando ele no modo manual, o que permite o ajuste da palheta de cores / temperatura pelo o usuário. O ideal é que esse ajuste seja selecionado para uma faixa de leitura com diferença entre mínima e máxima em 10°C de acordo com os horários e

temperaturas ambiente, sendo de 24° -34°C em dias mais frescos (abaixo de 20°C), 25 - 35°C para dias com temperaturas variando entre 20° e 25°C, de 26 – 36°C com um ambiente onde a temperatura esteja entre 25° e 30°C, bem como de 27° a 37°C para ambientes cuja a temperatura esteja acima de 30°C. De qualquer forma, essas temperaturas devem ser ajustas também de acordo com a região a ser avaliada (BASILE, 2012).

2.4 A imagem termográfica

2.4.1 Interpretação do termograma

Para a correta interpretação de termogramas é imprescindível considerar a anatomia do cavalo, particularmente as estruturas muscular e óssea, juntamente com o sistema neurológico e circulatório, pois a variabilidade na simetria e na distribuição da temperatura, pode não estar relacionada somente com as alterações nos locais com aporte sanguíneo, que são sinais de inflamação, mas também relacionados com os fatores externos, ambientais, atividades físicas, estação do ano. Portanto, para interpretar um termograma, é crucial compreender a variação na distribuição das temperaturas normais do corpo (SOROKO; MOREL, 2016).

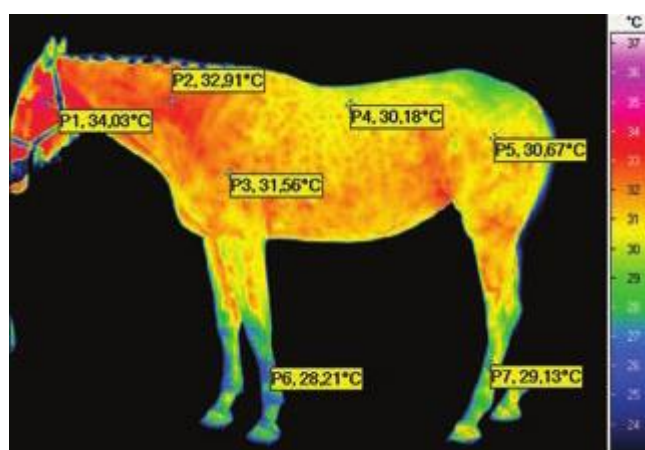


Figura 14 - Termograma do aspecto lateral esquerdo do cavalo, mostrando variações da temperatura pelo corpo. Fonte: SOROKO; MOREL, 2016).

Após a obtenção da imagem, os valores de temperatura, assim como as palhetas de cores podem ser ajustados pelo software, interpretando os

resultados de acordo com a técnica desejada (FLIR SYSTEMS). Para tanto, em experimentos tem-se utilizadas três técnicas principais de interpretação de termograma, sendo elas: Técnica com Marcação da área de interesse, também conhecida como ROI, técnica de temperatura global, também conhecida como técnica de região anatômica e a técnica de temperatura máxima (ARENHART *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2008; LUDWING *et al.*, 2014).

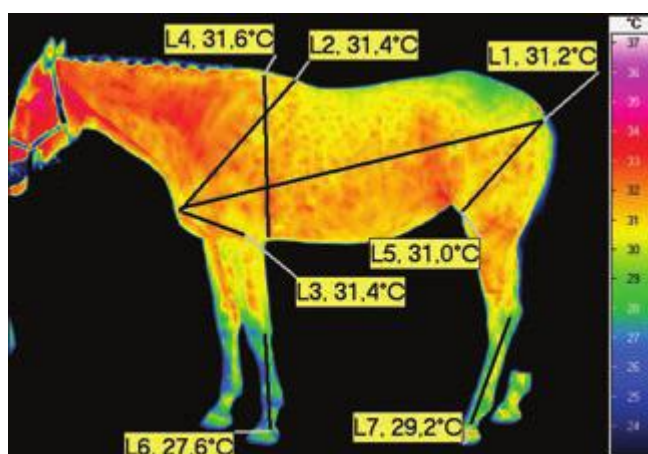


Figura 15 - Termograma do aspecto lateral esquerdo do cavalo, mostrando a média das variações da temperatura pelo corpo, pela ROI linear.

Fonte: SOROKO e MOREL (2016).

A ROI, consiste em usar uma figura geométrica para demarcar uma área selecionada, assim, dentro dessa área, a temperatura é obtida pela média aritmética de todos os pixels ali presentes. Tem sido a mais utilizada, pois oferece termogramas mais homogêneos na avaliação de temperatura corpórea hígida, pois os valores obtidos são mais similares em amostras seriadas e variadas. Diferenças nas médias de temperaturas maiores que 1°C entre regiões simétricas, já podem indicar um processo inflamatório (área hiperradiante) (ARENHART *et al.*; 2014; FERREIRA *et al.*, 2008; LUDWING *et al.*, 2014). Em 2005, a FEI (Federação Equestre Internacional), determinou que podem ser consideradas diferenças de até 2°C (SOROKO; MOREL, 2016).

Body area	Differences in average temperature between symmetrical body areas that are indicative of inflammation, according to Turner (1991), Tunley and Henson (2004) and Soroko <i>et al.</i> (2013)	Differences in average temperature between symmetrical body areas that are indicative of inflammation according to the FEI
Distal limbs	1°C	2°C
Spine (including back area)	3°C	-
Rest of the body	3°C	-

Figura 16 - Média das diferenças mínimas de temperaturas simétricas mostradas pela ROI. Fonte: SOROKO; MOREL, 2016).

A técnica da temperatura global, também usa a média aritmética de todos os pixels, porém difere da ROI, pois a região demarcada não é um ponto e sim toda uma região anatômica, que por sua vez, pode se estender ao redor do corpo avaliado, o que facilita a demarcação da região com uma figura geométrica, sendo mais rápido. Já a técnica denominada de temperatura máxima, consiste na utilização dos pontos mais elevados na região demarcada, onde, assim que o avaliador demarcar o ponto inicial, o software faz uma varredura selecionando os 5 pontos com temperaturas mais elevadas e com distância mínima de 5 pixels uns dos outros, sendo que a temperatura total é aquela representada pela média da área de 5 x 5 pixels. Esse é o método mais rápido e menos dependente do avaliador, sendo o mais indicado para estudos que contenham regiões mais heterogêneas, assimétricas, com alterações patológicas ou que incluem atividade física. (ARENHART *et al.*; 2014; FERREIRA *et al.*, 2008; LUDWING *et al.*, 2014).

A distribuição da temperatura na superfície corpórea de um cavalo é caracterizada pela variabilidade das características individuais e é influenciada por mudanças ambientais (SOROKO; MOREL, 2016).

Body area	Structure in specified part of the body	Permissible temperature difference
Distal parts of limbs	Coronary band	1–2°C higher compared with the rest of the hoof
	Hoof bar	2°C higher compared with the rest of hoof sole structures
	Area between the heel bulbs	5°C higher compared with the surrounding area
Back	Spine	Maximum of 3°C higher compared with the surrounding area
Shoulder	Shoulder joint	1.5°C lower compared with the surrounding area
	Elbow joint	1.5°C lower compared with the surrounding area
	Area behind elbow joint	1°C higher compared with the surrounding area
	Area in front of scapula	1°C higher compared with the surrounding area
Neck	Cervical vertebrae	1–1.5 lower compared with the surrounding area
	Jugular groove	2°C higher compared with the surrounding area
Head Croup	Temporomandibular joint	3°C lower compared with the eye
	Dorsal croup area	1°C lower compared with the surrounding area
	Stifle joint	1.5°C lower compared with the surrounding area
	Flank	2°C higher compared with the surrounding area

Figura 17 - Diferenças permitidas entre temperaturas de estruturas simétricas e regiões específicas do corpo em cum cavalo saudável. Fonte: SOROKO; MOREL, 2016).

2.4.2 O pescoço equino no termograma

Um termograma da região do pescoço, deve ser realizado no aspecto lateral, com a câmera perpendicular a essa área e a 2m de distância do animal. Essa região inclui desde o final da cabeça (atlanto-occipital) até a base pivotante do pescoço (região cervico-torácica). Os músculos acima da área das vértebras cervicais (C1- C7), são responsáveis por levantar e flexionar o pescoço. O músculo esplênio é o responsável por realizar a extensão e os movimentos laterais do pescoço. O músculo rombóide, segue ao longo do pescoço abaixo da crina e se conecta ao ligamento nugal e na inserção da cartilagem escapular medial, elevando o pescoço para cima e alavancando a escápula para cima e para frente (SOROKO; MOREL, 2016).

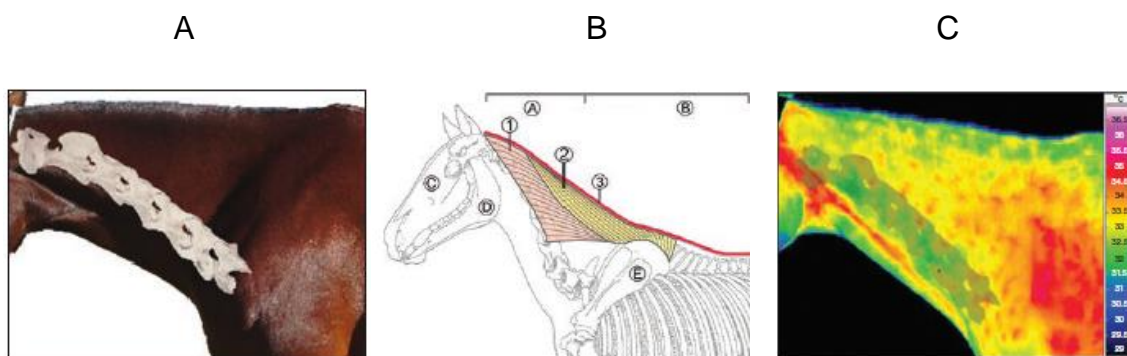


Figura 18 - (A) Pescoço no aspecto lateral esquerdo, elucidando as vértebras cervicais, (B) pescoço no aspecto lateral esquerdo mostrando o músculo esplênio (1), o músculo rombóide (2) e o ligamento nucal (3), (C) termograma de um pescoço no aspecto lateral esquerdo indicando as vértebras cervicais e o sulco jugular abaixo, com área mais quente. Fonte: SOROKO; MOREL, 2016).

A área do pescoço normalmente é caracterizada por uma temperatura superior à da superfície corporal e com o sulco jugular e vasos mais superficialmente. As demais áreas do pescoço são caracterizadas por uma distribuição de calor mais uniforme, mas às vezes, na porção mais superior do pescoço, logo abaixo da crina, pode mostrar temperaturas mais baixas, em função da camada de gordura (SOROKO; MOREL, 2016).

Usualmente, a termografia na medicina veterinária equina é usada como uma ferramenta complementar no diagnóstico de injúrias nos membros, como abscessos de casco, laminites, tendinites, artrites, desmites entre outras. Para as anormalidades da coluna, a termografia tem sido bem-sucedida quando aplicada ao estudo dos processos inflamatórios musculares e dos processos espinhosos das vértebras torácicas e da articulação sacrílica. Inúmeras publicações têm avaliado as aplicações da termografia na medicina veterinária, provando que há uma série de vantagens na detecção precoce de processos inflamatórios no sistema musculoesquelético dos cavalos de esporte, evitando-se que haja uma queda de performance nesses animais, uma vez que traumas agudos ou acúmulo de desordens dos tecidos moles, como os músculos, tendões e ligamentos, podem se tornar injúrias crônicas. Tensões musculares mantidas por longos períodos resultam num desequilíbrio do movimento. Espasmos musculares constantes das costas dos cavalos, podem causar distúrbios nos membros anteriores e posteriores, bem como miopatias no ombro e no pescoço (PUROHIT *et al.*, 2004; PUROHIT, 2008).

EDDY et al. (2001), correlacionou os achados termográficos com outras ferramentas de diagnóstico em cavalos com claudicação. A termografia e ultrassonografia foram correlacionados em 66,7 % de seus casos, termografia com cintigrafia em 75 % e com radiografia em 51,7 % dos casos.

2.5 Ultrassonografia

2.5.1 A história da ultrassonografia

Pesquisando-se sobre a história da ultrassonografia é possível verificar que há inúmeros registros antigos (ERIKSON *et al.*,1974). O estudo da acústica provavelmente se iniciou com Pitágoras, filósofo grego que desenvolveu o sonômetro, um sistema para afinação de cordas, porém, entre 1564 e 1642, os estudos modernos de acústica foram iniciados pelo pesquisador Galileu Galilei, que relacionou a vibração e a frequência das ondas sonoras de forma científica (GRAFF,1981).

Em 1793, o italiano Spallanzani, descobriu que os morcegos voavam em ambientes escuros e que conseguiam desviar dos objetos por meios da sua percepção sonora. No final dos anos 1800, os cientistas buscavam uma definição física sobre a vibração dos sons, bem como sua transmissão, refração e propagação (CARVALHO, 2004).

Em 1877, a “TEORIA DO SOM” foi publicada pela primeira vez pelo cientista inglês, Lord Hayleigh, o que praticamente iniciou a física acústica moderna, definindo a onda sonora como uma equação matemática, fundamentando as bases da acústica, que serviriam no futuro para a técnica ultrassonográfica (GRAFF, 1981).



Figura 19 - Lord Hayleigh. Fonte: <https://www.ufrgs.br/biofisica/ecografia.pdf>

Jacques e Pierre Curie, em 1881, utilizaram um campo elétrico alternante sobre cristais de quartzo e turmalina, capaz de gerar ondas sonoras de altas frequências, ou seja, acima de 20 KHz, criando um efeito piezo elétrico conhecido como ultrassom. Já em 1883, o cientista inglês Galton, criou o apito de GALTON, com a finalidade de controlar cães, por meio de ultrassons sem que os humanos pudessem ouvir (GRAFF, 1981).

Em 1912, após o naufrágio do Titanic, L. F. Richardson, sugeriu que ecos ultrassônicos fossem utilizados na busca dos objetos submersos, logo então, entre 1914 – 1919, durante a Primeira Guerra Mundial, essa tecnologia foi utilizada para a localização de submarinos inimigos e icebergs. Aproveitando-se dos bons resultados, essa técnica também passou a ser utilizada para fins não militares, como detectar fendas no setor metalúrgico, bem como para o estudo do fundo marinho (NAGY, 2002).

Já na Segunda Guerra Mundial (1939-1945) com o aprimoramento dos recursos militares, desenvolveu-se o SONAR (Sound Navigation and Ranging), O sonar de Fessenden era um oscilador elétrico, emitia sons de baixa frequência, estes eram enviados para um receptor onde podia-se ouvir os ecos emitidos. Esse equipamento era capaz de identificar um iceberg a duas milhas de distância, porém, devido à sua baixa frequência, era incapaz de determinar a direção do mesmo (NAGY, 2002).

Na medicina, foi utilizado a primeira vez em 1940, no espectro terapêutico, em tratamentos que iam desde doença de Parkinson, até artrite reumatóide, porém, foi abandonado por não se fundamentar em resultados científicos (CARVALHO, 2004).

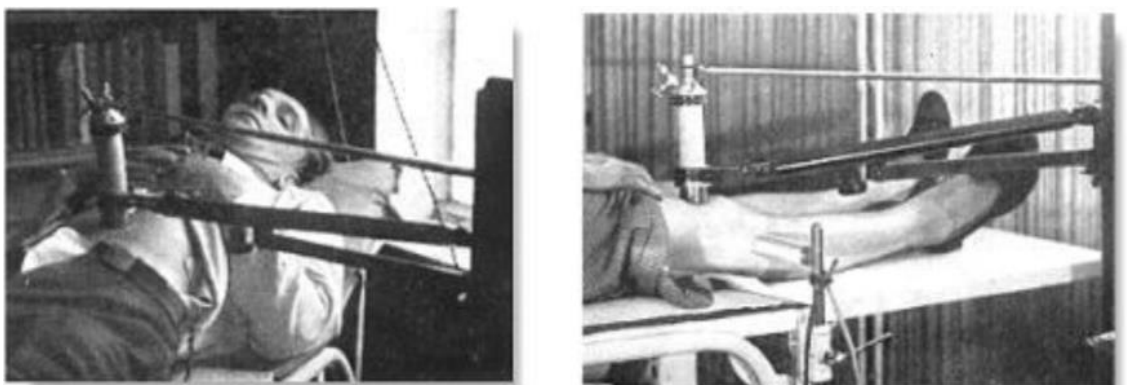


Figura 20 - Ultrassom terapêutico.

Fonte: <http://www.ob-ultrasound.net/therapy.html>

Foi então que em 1942, o neuropsiquiátrico Karl Dussik, utilizou o recurso ultrassônico como meio diagnóstico na localização de tumores cerebrais, na atenuação do ultrassom quando se atravessava o crânio e verificando o tamanho dos ventrículos cerebrais (CARVALHO, 2004).

O médico norte americano, considerado um dos “pais” da técnica da ultrassonografia diagnóstica, em 1947 detectou em seus estudos estruturas de tecido moles, quando nessa época, para a realização da imagem era necessário que o paciente ficasse imerso e imóvel em uma banheira com água, o que além de não ser prático, não gerava imagens com qualidade de resolução. Já na década de 1950, a banheira foi substituída por uma pequena quantidade de gel com a finalidade de melhorar e aumentar a superfície de contato entre o transdutor e a pele, técnica a qual é utilizada nos moldes atuais (CARVALHO, 2004).



Figura 21 - Primórdios da ultrassonografia diagnóstica.

Fonte: <http://www.ob-ultrasound.net/therapy.html> .

Na medicina veterinária, a ultrassonografia foi utilizada pela primeira vez em 1956, nos Estados Unidos por pesquisadores da Universidade do Colorado, em bovinos de corte, mensurando-se a espessura do lombo desses animais. No mesmo período, porém na Europa, pesquisadores estudavam as carcaças de suínos (TEMPLE *et al.*, 1956). No entanto, o primeiro relato do uso do ultrassom como meio diagnóstico veterinário, aconteceu em 1966, na identificação de gestação em caprinos, pelo serviço de pesquisa e de agricultura e pecuária em Belsville, Estados Unidos (LAUB *et al.*, 1988).

Atualmente, reconhece-se que o exame ultrassonográfico faz parte da rotina veterinária, de forma isolada ou complementando outro método de diagnóstico por imagem, podendo ser aplicado para avaliação reprodutiva, abdominal, oftalmológica, oncológica, cardíaca, torácica e musculoesquelética (LAMB *et al.*, 1988; NYLAND; MATTON, 2002).

Dessa forma, o conhecimento do histórico através da anamnese e das diferentes interfaces que a técnica oferece, sua utilização contribui na eficácia do diagnóstico, confirmando-se a importância do exame ultrassonográfico para o médico veterinário dentro de suas especialidades.

2.5.2 Aspectos físicos da técnica ultrassonográfica

As ondas de ultrassom possuem características em comum com as ondas sonoras audíveis, embora tenham uma frequência muito mais alta, não sendo ouvida pelos humanos, classificada como *ULTRASSOM*. (PALGRAVE, KIDD, 2014).

As ondas de ultrassom são produzidas a partir de uma corrente elétrica aplicada em cristais piezoelétricos localizados dentro do transdutor, também conhecidos como probe ou sonda, fazendo com que esses cristais vibrem, convertendo energia elétrica em energia mecânica e vice e versa. O efeito piezoelétrico é quando um cristal assimétrico é submetido a uma tensão mecânica, que produz uma reordenação nas cargas elétricas, causando um deslocamento relativo nas cargas positivas e negativas. O deslocamento (d) das cargas produz um dipolo elétrico (PALGRAVE, KIDD, 2014).

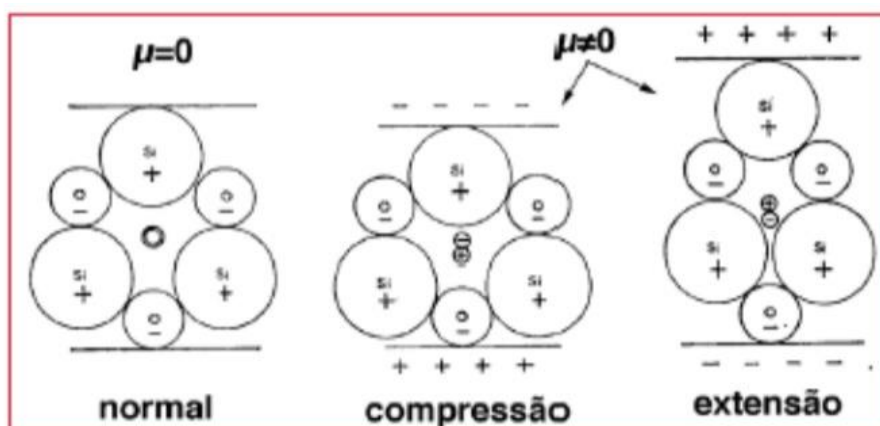


Figura 22 - Efeito piezoelétrico.

Fonte: <https://www.ufrgs.br/biofisica/ecografia.pdf>

A vibração é transmitida através dos tecidos na forma de ondas sonoras e ao longo desse caminho podem sofrer uma atenuação do feixe de ultrassom, ou seja, sofre um enfraquecimento da intensidade dessa onda. As ondas sonoras ao passarem pelos tecidos, podem ser refletidas, refratadas, dispersadas ou absorvidas, formando assim as imagens ultrassonográficas. (PALGRAVE; KIDD, 2014).

2.5.3 Reflexão, impedância acústica, refração, dispersão e absorção

Ao se deslocar pelos tecidos, as ondas de ultrassom entram em contato com estruturas que refletem uma parte das ondas diretamente para os cristais piezoelétricos, enquanto outra parte segue por entre os tecidos. A força com que essas ondas ou ecos retornam geram vibração dos cristais, resultando em um sinal elétrico, porém, uma característica única dos cristais piezoelétricos é que eles são capazes de emitir e receber ondas de ultrassom. É importante saber que a imagem só pode ser formada quando essas ondas ou ecos retornam ao transdutor (ALFEN; MAH, 2018).

A proporção em que a onda emitida é refletida de volta ao transdutor, depende da impedância acústica, da interface entre os tecidos e o ângulo em que a onda atinge essa interface, assim, a impedância acústica de um tecido é um produto da densidade desse tecido com a velocidade em que as ondas sonoras se deslocam através dele. Um tecido considerado denso como o osso, possui uma impedância acústica alta (7.8), sendo bastante reflexivo quando comparado com a impedância acústica do ar, que é baixa (0.0004). Entendendo essa propriedade física, é possível entender as variações teciduais na aparência das imagens geradas e que essa diferença de impedância acústica pode acabar gerando artefatos. (PALGRAVE; KIDD, 201

O ângulo em que o feixe de ultrassom atinge os tecidos, também é importante no grau de reflexão da onda sonora, assim, somente ondas geradas de forma perpendicular ao tecido, resultará em reflexão direta na sonda. Caso a onda chegue a interface de um tecido em um ângulo diferente de 90° , resultará na falta de informação direta dessa região avaliada (ALFEN; MAH, 2018).

Approximate acoustic impedance in commonly encountered tissues. (Source: Adapted from Curry, TS III *et al.*, 1990. Reproduced with permission of Lippincott Williams & Wilkins.)

Tissue	Acoustic impedance (in 10^6 Rayls)
Air	0.0004
Fat	1.38
Water (50°C)	1.54
Brain	1.58
Blood	1.61
Kidney	1.62
Liver	1.65
Muscle	1.70
Lens of eye	1.84
Bone (skull)	7.80

Figura 23 - Impedância acústica aproximada comumente encontrada nos tecidos. Fonte: PALGRAVE e KIDD (2014).

O fenômeno que é conhecido como refração é facilmente observado e associado à tecidos de estruturas curvas, como vesículas embrionárias, cisto endotelial e ocorre de forma que se uma onda de ultrassom atinge tecidos com diferentes impedâncias acústicas em um ângulo que não seja perpendicular, o feixe mudará de direção enquanto continua chegando de forma mais profunda dentro dos tecidos, antes de ser refletido de volta à sonda . (PALGRAVE, KIDD, 2014).

O surgimento de imagens de tecidos parenquimatosos no exame de ultrassom é principalmente atribuído à dispersão das ondas. Essa dispersão acontece quando o feixe encontra interfaces pequenas e irregulares, com diferenças mínimas de impedância acústica, como o fígado por exemplo, onde o resultado dessa interação é a dispersão de ondas por todos os tecidos e em todas as direções, ao invés da reflexão direta de volta na sonda, pois a força desses ecos é relativamente fraca em comparação com a intensidade de ecos que retornam ao transdutor, a partir de interfaces altamente reflexivas como as dos ossos (PALGRAVE; KIDD, 2014).

Já a absorção é a única interação entre os feixes de ultrassom e os tecidos que resultam diretamente em uma redução da energia de ondas. Essa

forma de atenuação, acontece quando a energia mecânica da onda de ultrassom é convertida em calor, ficando retida nos tecidos. O calor gerado dentro dos tecidos com o uso do ultrassom diagnóstico é considerado insignificante, não oferecendo perigo (PALGRAVE; KIDD, 2014).

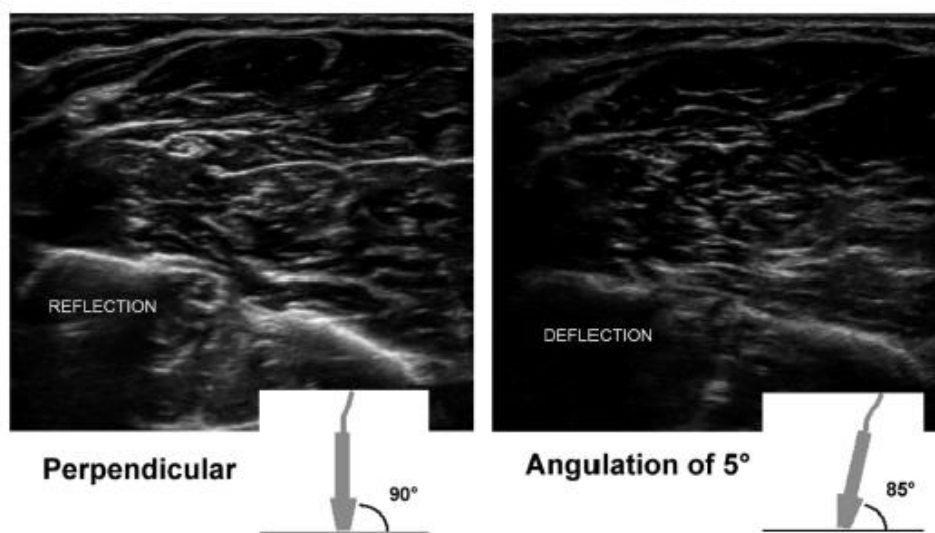


Figura 24 - Duas imagens do forame ventral proximal mostrando o músculo flexor passando por cima do osso rádio (na esquerda) e osso ulna (direita), com o nervo medial no meio. A imagem da esquerda mostra o resultado otimizado com uma angulação de 90° com clara reflexão dos ossos, fásias e nervos. A imagem da direita mostra a probe a 5° , resultando num escaneamento com angulação a 85° em direção aos ossos e fásia; a quantidade de ultrassom que é desviada e não retorna para a sonda resulta na imagem visivelmente mais escura com estruturas anatômicas de delineamento diminuído. Fonte: ALFEN e MAH (2018).

2.5.4 Modo B, modo M e ecogenicidade

A produção de uma imagem ultrassonográfica depende de informações detalhadas da natureza e localização das estruturas dentro da região de interesse, sendo retransmitida de forma eficaz para o aparelho. No modo B em tempo real, a força do sinal recebido pelos cristais dentro do transdutor correlaciona-se com a amplitude (força) das ondas de ultrassom voltando para a sonda e esses ecos são representados na tela do ultrassom como uma série de pontos pretos. O brilho de cada ponto é determinado pela força do eco de retorno. Em termos práticos, um eco de retorno forte aparecerá mais brilhante (mais esbranquiçado) e um eco de retorno mais fraco, aparecerá mais escuro

(cinza ou preto). A terminologia usada para descrever a aparência ultrassonográfica da imagem de vários tecidos é chamada de ecogenicidade, assim, estruturas que não refletem as ondas de ultrassom ou a fazem de forma mais fraca, são hipoecoicas ou hipoecogênicas, podendo ser até anecoicas (geralmente preenchidos com líquido), já as estruturas cujo os ecos são refletidos na maior intensidade, comumente são estruturas hiperecoicas (como osso). Já tecidos que são representados pelo mesmo nível de brilho, são considerados isoecoicos quando comparados um a outro. A imagem no modo M representa estruturas com movimento, assim, o modo M permite avaliar estruturas correlacionando tempo (no eixo horizontal) com a profundidade desse órgão (eixo vertical), desse modo, a imagem é particularmente útil para aplicações cardíacas, para avaliar mudanças relativas nos tamanhos das câmaras, por exemplo (ALFEN; MAH, 2018).

2.5.5 Resolução da imagem e frequência do transdutor

As diferenças nos formatos, tamanhos e opções de frequência do transdutor refletem na ampla variedade de aplicações de ultrassonografia nos equinos. A capacidade de emitir ondas de várias frequências é um recurso que melhora a versatilidade da probe. Palgrave & Kidd (2014) definem a frequência como sendo o número de vezes que uma onda se repete durante um determinado período de tempo (ciclos por segundo) e como citado previamente as ondas de ultrassom são semelhantes às ondas sonoras audíveis, no entanto, a faixa da frequência do ultrassom diagnóstico é muito mais alta do que a do som audível, pois a ultrassonografia diagnóstica geralmente utiliza frequências na faixa de 1-20 MHz em comparação com a faixa de som audível que fica entre 20- 20000 MHz. A frequência de ondas ultrassônicas passando pelos tecidos tem uma importância significativa na qualidade da imagem produzida, assim, a resolução de uma imagem diagnóstica pode ser bastante aprimorada com o uso da frequência de transdutor apropriada, pois conforme a frequência aumenta (distância em que uma onda viaja durante um único ciclo), o comprimento de onda diminui, melhorando a resolução da imagem.



Figura 25 - Escala demonstrativa das diferenças entre as frequências dos sons, na escala Hertz. Fonte: <https://www.ufrgs.br/biofisica/ecografia.pdf>

Logo, a resolução da imagem pode ser definida como a capacidade da onda ultrassonográfica distinguir entre duas estruturas dentro dos tecidos. Em termos práticos, relaciona-se com a clareza da imagem, onde uma configuração de frequência mais alta, resulta em uma imagem com melhor resolução, mas diminui a capacidade de penetração das ondas nos tecidos, enquanto, uma configuração de frequência mais baixa, permitirá que a onda penetre mais fundo nos tecidos, mas com resolução da imagem menor (ALFEN; MAH, 2018; PALGRAVE; KIDD, 2014).

Existe uma variedade de transdutores eletrônicos fabricados, sendo os mais comumente utilizados na prática equina os lineares (retais e musculoesqueléticos, emitem ondas de 7-13 MHz), os convexos (principalmente na oftalmologia, com ondas de 2-5 MHz) e os phasead-array (uso cardíaco na faixa de 1-5 MHz) (PALGRAVE; KIDD, 2014).

2.5.6 A utilização do ultrassom na coluna cervical equina

Um dos métodos de diagnóstico que pode ser utilizado para o exame do pescoço equino é o exame ultrassonográfico (US), que pode ser bem útil e fornecer rápida visão das estruturas anatômicas da região cervical não obtidas por imagens radiográficas avançadas, RM e TC, os quais possuem ainda um alto custo e podem ser demorados. O exame de US é rápido, dinâmico, seguro, não requer anestesia geral, somente sedação quando necessário e é bem menos oneroso, porém, pode haver necessidade de complementação com outras técnicas (GOLLOB *et al*, 2002) uma vez que o US não é tão específico.

No exame de US pode-se visibilizar melhor alterações dos tecidos moles, como corpo estranho, atrofia muscular e fibrose dos músculos (HAGER, 1986), bem como a avaliação dos contornos ósseos e articulações (HARKE *et al.*, 1988). Além disso, Nazarian *et al.*, (1998), descreveram a avaliação de facetas articulares, raízes nervosas e tecido paraespinal.

A coluna cervical equina é comumente relacionada em causas de ataxia, deficiência de reflexo proprioceptivo e em claudicações. A coluna cervical pode ser afetada por uma série de condições que incluem má formação vertebral, doença degenerativa dos processos articulares, má formação congênita, miosites, desmites, discoespondilites, fraturas e menos frequentemente, neoplasias (DIXON, 2018; DYSON, 2011).

Nos equinos atletas é comum suspeitar de um problema primário no pescoço, pois há uma variedade de fatores que podem contribuir com isso, incluindo uma queda durante o salto, colisão com outro animal durante o trabalho, estiramentos sob contenção. Os sinais clínicos podem incluir postura anormal do pescoço, relutância em realizar dorso flexão e movimentos de lateralização, claudicações nos membros torácicos mesmo quando estes não apresentam exame clínico positivo e anormalidades sutis no passo dos membros pélvicos, com fraqueza nos mesmos e sem ataxia evidente, o que pode ser indicativo de lesão compressiva na medula espinhal cervical. Os sinais de disfunção da cervical ainda podem incluir mudanças bruscas no comportamento, queda de performance, tônus muscular anormal, bem como assimetria muscular localizada ou generalizada, como atrofia, hipertrofia, hipertonidade, rigidez ou incapacidade de movimentar o pescoço (DYSON, 2011).

Ao exame de palpação, os animais podem apresentar desconforto em função da dor. A radiculopatia, uma doença neurológica resultante da disfunção da raiz nervosa pode resultar em dor e claudicação do membro torácico, uma vez que podem afetar os nervos periféricos do plexo braquial, fraqueza muscular e até perda de peso por não conseguir alcançar a comida no chão (DYSON, 2011).

A ultrassonografia da coluna cervical pode avaliar tecidos moles (músculos, ligamentos, nervos), bursites na articulação atlanto-occipital,

edemas, tromboflebitas da veia jugular, bem como superfícies ósseas, facetas e processos articulares. Pode ser utilizada como ultrassonografia intervencionista; em procedimentos com infiltrações guiadas. Também extremamente útil e indicada como complemento ao exame clínico, radiológico e termográfico, sendo de extrema importância correlacionar os achados ultrassonográficos com os achados clínicos durante o exame físico, pois há animais que não apresentam nenhuma manifestação de sinais clínicos, porém há alterações ultrassonográficas (DYSON, 2011). Comparada à radiografia, a ultrassonografia é uma modalidade diagnóstica dinâmica. Uma simples imagem ultrassonográfica estática pode não revelar a mesma quantidade de informação que uma radiografia apresenta, porém, com o ultrassom é possível realizar avaliações de estruturas em movimento, obtendo informações adicionais. O potencial da imagem dinâmica tem sido demonstrada na aplicação de fármacos, em procedimentos cirúrgicos como em drenagem de abscessos ou hematomas musculares e na remoção de corpo estranho. Artefatos induzidos pelo operador e avaliações subjetivas devem ser consideradas. Portanto, um detalhado conhecimento do plano anatômico estudado, tanto no plano transversal, quanto no plano longitudinal é um pré-requisito para bons resultados (HAGER, 1986; CRAYCHEE, 1998).

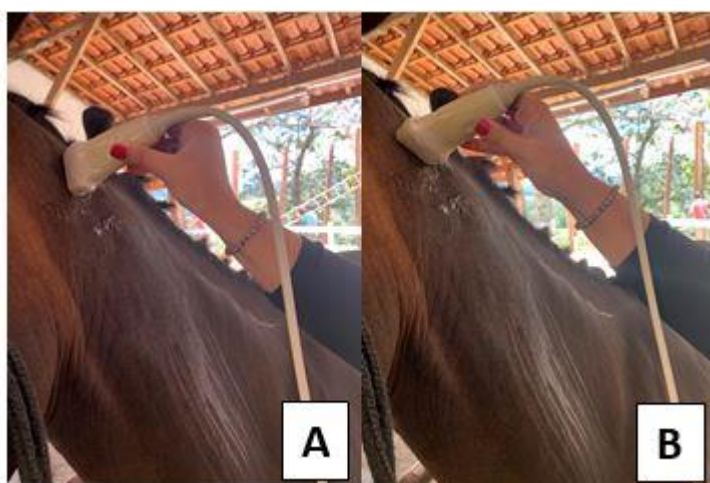


Figura 26 - Posicionamento do transdutor para a formação das imagens nos planos transversal (A) e longitudinal (B). Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2021).

Em equinos atletas também é importante a avaliação do osso occipital, em ambos os lados da crina, principalmente pela inserção do tendão do músculo longo da cabeça e do ligamento nugal. Nessa origem pode haver proliferação óssea e enteseófitos (HEAD, 2014; SELBERG; BARRET, 2016). Apesar de ser mais comumente encontrada nos cavalos de adestramento, nem sempre apresentam sintomatologia clínica. A bursa do LN, raramente é observada, mas se estiver inflamada ou infeccionada, pode se tornar mais visível. Em função da relação anatômica, os discos vertebrais são mais difíceis de serem visibilizados, porém, se há espondilose ou doença do disco intervertebral, ventralmente a proliferação óssea pode ser visibilizada (SELBERG & BARRET, 2016).

As facetas possuem características individuais, sendo um bom exemplo, a sexta vértebra cervical (C6) em seu processo articular caudal é mais grossa e mais curta, quando comparada com as demais vértebras, assim, assim como no processo articular cranial da sétima vértebra (C7) que é mais longo e largo, o que torna a articulação, mas proeminente e arredondada do que as demais. A formação de imagem entre C7 e T1 é mais difícil de ser feita, porém é possível em alguns animais. Os osteófitos são os achados mais comumente encontrados nas facetas articulares. (SELBERG & BARRET, 2016; HEAD, 2014). Se tratando da avaliação da cápsula articular, também é possível uma vez que é uma linha hiperecogênica e fina, bem definida entorno da faceta, separada da margem óssea da cápsula articular pelo fluido articular, o qual é anecoico. Já a avaliação da quantidade de fluido torna-se mais difícil, já que em algumas regiões, em função dos recessos, não há acesso ultrassonográfico. No caso de capsulite e osteoartrite crônica é possível haver a formação de enteseófitos na inserção da cápsula articular (SELBERG; BARRETT, 2016).

Segundo BERG et al. (2003), em estudo realizado com 8 animais in vivo e comparados com peças anatômicas, para a demonstração das estruturas cervicais normais, as margens das vértebras são visibilizadas como linhas hiperecócicas, seguidas por sombras fortes causadas pela reflexão do tecido ósseo. Vasos, como a artéria e veia vertebral, são estruturas visualizadas como

hipoecóicas, com paredes hiperecóicas. Nos equinos, as facetas articulares da região cervical são maiores que as de outras regiões.

O tecido muscular possui uma aparência heterogênea, na qual grande parte dos músculos podem ser distinguidos e identificados pelo tecido colagenoso hiperecóico que contorna a fáscia cervical na maioria dessas estruturas musculares. Dentre algumas imagens ultrassonográficas, os músculos foram vistos como estruturas separadas não podendo ser diferenciadas nos planos anatômicos transversais. Os músculos que foram distinguíveis foram os músculos epaxiais extensores como o mm. longo do atlas e o mm. longo da cabeça lateral à faceta e, na parte caudal do pescoço, o mm. longo do pescoço. Seus contornos individuais foram visíveis em apenas algumas imagens, mas todas elas passaram pelo ápice da articulação facetária látero-ventral com o mm. longo do atlas para o mm. longo da cabeça. O músculo longo do pescoço primeiro apareceu ao nível de C6, ventral aos outros dois. Partes do mm. transversospinhal também foi visível, o mm. multifidos cervical foi visível dorsal às facetas com origens nos processos articulares, os mm. semiespinhal da cabeça, que foram divididos em 2 dorsalmente ao grupo longuíssimo da cabeça e mm. oblíquo caudal da cabeça, dorsal ao axis. O mm. intertransversário do pescoço cranial e caudal foram facilmente identificados como uma estrutura muscular entre as facetas articulares e os processos transversos, se estreitando na proximidade com o processo transversos, mas embora isso tenha sido claramente distinguível em apenas algumas imagens. (BERG *et al.*, 2003).

Os mm. semiespinhal da cabeça, mm. intertransversário do pescoço cranial e caudal e o mm. multifidos do pescoço, demonstraram um alto teor de fibras tendíneas, sendo difíceis de se diferenciarem da fáscia, tornando a diferenciação do seu contorno mais difícil. Os músculos hipaxiais flexores que foram identificáveis, foram o mm. longo do pescoço e da cabeça, ambos foram visíveis ventralmente ao redor dos processos transversos com mm. longo do pescoço, localizados mais medialmente. O mm. longo da cabeça apareceu apenas de C1 a C4, e possuía uma fáscia comum, a lâmina paravertebral, fazendo com que aparecesse como uma única estrutura em algumas imagens em ambas as digitalizações e no corte anatômico transversal. Nas camadas

musculares mais superficiais, o mm. esplênio foi visto mais lateral na região de C2 a C4, após o qual apareceu o mm. serrátil ventral, na superfície lateral. O mm. braquiocefálico e o mm. omotransverso foram intimamente relacionados, como músculos mais ligeiramente ventrolaterais. Eles eram visíveis em varreduras e seções transversais como um grupo ventrolateral. Ventral aos processos transversos, foram encontrados nas imagens ultrassonográficas os mm. omohioideo e mm. escaleno ventral e médio, como uma estrutura muscular sem uma clara separação individual. Além disso, nas imagens de ultrassom, o mm. escaleno ventral era inseparável do mm. longo da cabeça. Em nenhuma das imagens ultrassonográficas o mm. cutâneo do pescoço foi identificado, mas era visível em algumas das preparações de peças anatômicas. As estruturas musculares eram geralmente divididas por lâminas fasciais mas, com o grupo dos longuíssimos, o braquiocefálico, omotransverso e o grupo ventrolateral (compreendendo mm. longo do pescoço e da cabeça, mm. omohióideo e mm. escaleno ventral e médio) foram difíceis de serem diferenciados individualmente em imagens ultrassonográficas e em planos transversais. Assim como na camada subcutânea, a espessura dos músculos, variavam com a pressão do transdutor exercida pelo operador (BERG *et al.*, 2003).

Com relação a musculatura cervical, essa também deve ser avaliada, quanto ao seu tamanho, onde a atrofia é representada pela alteração da ecogenicidade, o estiramento agudo, por áreas hipoecóicas e a fibrose que é representada por áreas hiperecóicas, sendo essas as alterações vistas com maior frequência. (SELBERG BARRET, 2016). De acordo com REEF (1998), a ecogenicidade dos músculos cervicais consiste em que eles possuem uma aparência heterogênic, em função da idade e da variação das fibras musculares hipoecóicas, da quantidade de tecido adiposo existente e no grau da variação das fibras colágenas hiperecóicas.

Para a identificação de um músculo em seu contexto anatômico e para avaliar a sua ecogenicidade, as imagens em planos transversais funcionam melhor, já para avaliação da direção das fibras musculares (inclusive em casos de ruptura muscular), os planos longitudinais são mais aconselháveis, porém, para que um exame ultrassonográfico seja completo e rico em informações,

deve-se sempre optar em realizar a comparação entre as avaliações em ambos os planos(ALFEN, MAH, 2018).

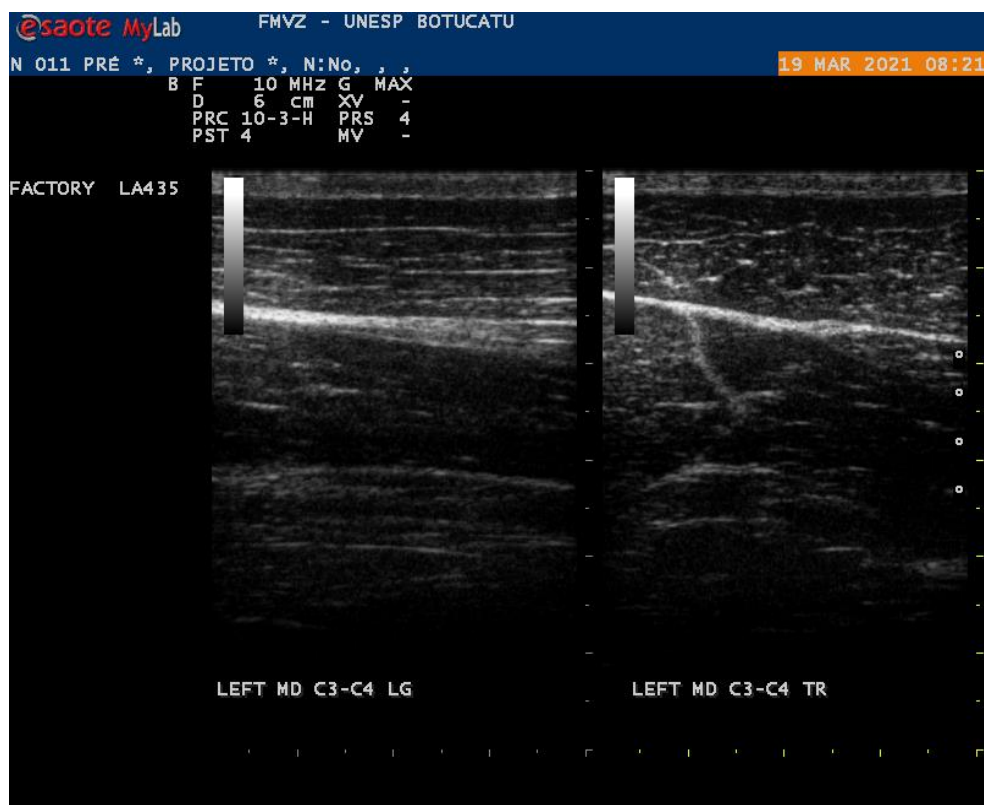


Figura 27 - Avaliação muscular da região cervical medial entre C3- C4, através dos planos longitudinal (LG) e transversal (TR), demonstrados respectivamente na imagem da esquerda e da direita. Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2021).

No caso de anormalidades, três padrões básicos podem ser discernidos em imagens transversais, sendo elas a hiperecogenicidade difusa (indicando distrofia ou falta de inervação), a alternância de áreas de ecogenicidade aumentada com áreas normais dentro da mesma estrutura (isto é visivelmente preto), onde apresenta áreas com “buracos”, ou seja, áreas com desnervação mesclando com áreas de inervação parcial e por fim, tecido normal com áreas focais de hiperecogenicidade, indicando patologia focal, como inflamação. Em todos os três padrões, nas áreas com lesão a ecogenicidade irá absorver e espalhar o feixe de som, levando à atenuação e à perda de visualização na camada de tecido subjacente. Assim, para melhorar a sensibilidade do diagnóstico foi criada uma escala de pontuação semiquantitativa para ser utilizada na avaliação e na classificação da ecogenicidade das imagens musculares, chamada de Escala de Classificação

de Heckmatt. Nessa escala, o grau I corresponde a imagens com aparência muscular normal, com a arquitetura muscular claramente visível e com mínima atenuação no feixe do ultrassom. O grau II corresponde a um leve aumento da ecogenicidade geral, ou seja, a imagem do músculo aparece mais “branca” e sem atenuação das estruturas subjacentes. O grau III, já denota um aumento maior da ecogenicidade (mais branco que o grau II) e com atenuações da visibilidade de estruturas adjacentes e por fim, o grau IV, mostra uma imagem onde o músculo aparece completamente branco e com forte atenuação e perda de visibilidade de eco do osso ou fáscia subjacente. Tem-se que considerar, que animais mais velhos ou mais obesos apresentam uma musculatura visibilizada no exame de ultrassom, com aparência mais esbranquiçada. (ALFEN; MAH, 2018).

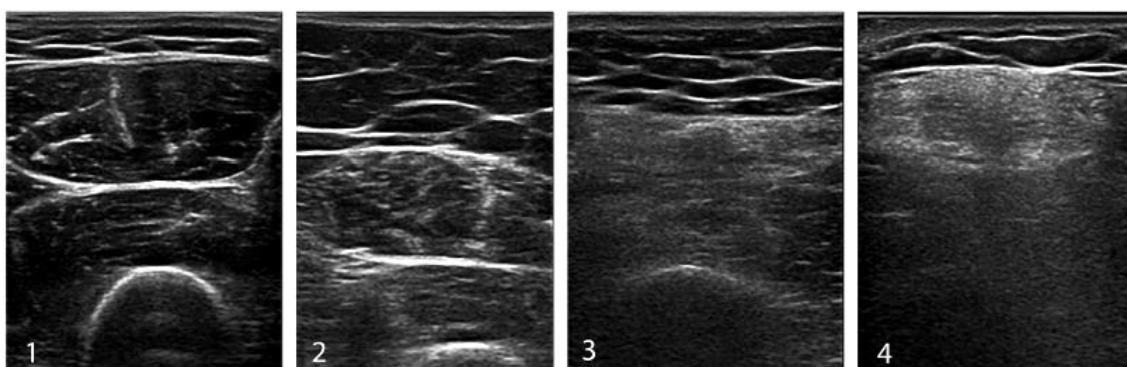


Figura 28 - A escala de graduação de HECHMATT, para a avaliação visual da ecogenicidade muscular. Grau I, normal, Grau II, mostra leve aumento geral da ecogenicidade sem perda ou atenuação da arquitetura. O Grau III, mostrou ecogenicidade nitidamente aumentada, perda da arquitetura muscular e algumas atenuações, causando menos visibilidade de estruturas mais profundas. O Grau 4, mostra um músculo completamente branco, sem características reconhecíveis e com muita atenuação do sinal de ultrassom, de forma que não se pode distinguir estruturas profundas das superficiais.

Fonte: ALAFEN; MAH, 2018).

O exame ultrassonográfico da coluna cervical nos equinos normalmente é realizado com o transdutor linear, para as estruturas mais

superficiais, podendo ser utilizado também transdutores convexos e micro convexos para estruturas mais profundas, sendo a frequência mais indicada a de 7,5 MHz a 10 MHz e a profundidade é ajustada de modo que a imagem formada fique centralizada. Na avaliação, durante o exame ultrassonográfico é necessário verificar assimetrias (atrofias ou hipertrofias), alterações da ecogenicidade, ruptura das estruturas musculares, alterações em origens e inserções, hematomas, abscessos, sempre avaliando a ecotextura e o paralelismo das fibras (HEAD, 2014).

É notório que cada vez mais dentro da medicina esportiva equina há a necessidade do uso e do conhecimento da ultrassonografia como meio diagnóstico das enfermidades cervicais que acometem os cavalos atletas.

2.6 Equinos em treinamento na modalidade equestre de salto: anatomia e biomecânica

2.6.1 Anatomia da coluna cervical

A coluna vertebral dos equinos é formada por sete vértebras cervicais, dezoito torácicas, seis lombares, cinco sacrais e aproximadamente vinte vértebras coccígeas, podendo haver variações entre raças (DYCE; SACK; WENSING; 2004). Dentre as regiões da coluna, a região cervical é a mais comumente citada, em função da grande incidência de lesões que nela ocorrem, sendo as principais afecções relacionadas a esta região, a malformação occiptoatlantoaxial, miosites, desmopatias do ligamento nugal, fraturas, discoespondilites, osteomielites, mieloma múltiplo, artrites degenerativas das facetas articulares e mielopatia estenótica ou Síndrome Wobbler (RUSH; GRADY, 2008; HAUSSLER, 2000), doença caracterizada pela malformação de uma ou mais vértebras cervicais que levam a uma estenose do canal medular, compressão da medula espinhal e danos aos ramos nervosos da medula espinhal (JANES *et al.*, 2015). Independentemente de serem animais jovens ou adultos, as principais alterações articulares se localizam na região caudal da coluna vertebral cervical (HETT *et al.*; 2006).

A principal função da coluna cervical é a de ser fundamental na movimentação dos equinos, porque forma um conjunto intervertebral com os

membros torácicos e pélvicos, auxiliando na fase de propulsão do galope. Para a eficiência do exame do aparelho locomotor, bem como da coluna obtendo-se um diagnóstico preciso das patologias ligadas a eles, o conhecimento anatômico e da biomecânica é de extrema importância (HAUSSLER, 2006).

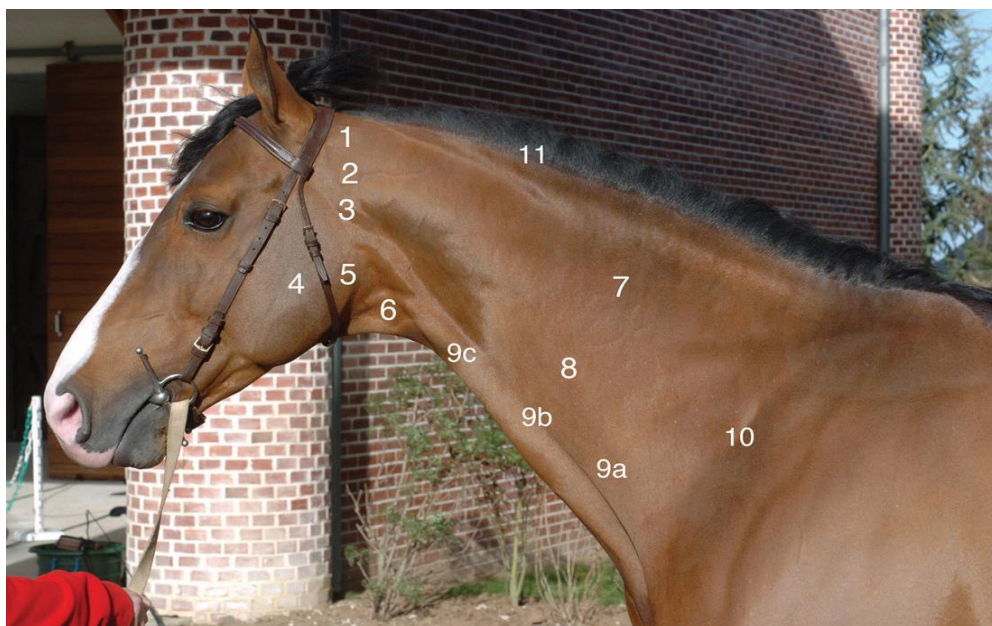


Figura 29 - Aspectos físicos do pescoço: estruturas anatômicas palpáveis: 1- Região Nucal; 2- Asa do atlas; 3- Região parotídea; 4- Região Massetérica; 5- Ângulo da Mandíbula; 6- Região Laringea; 7- Região Cervical Dorsal (músculos dorsais: músculos extensores); 8- Vértebras Áxis; 9- Região Cervical Ventral (músculos ventrais: músculos flexores); 9a – Músculo Braquiocefálico; 9b- Sulco jugular; 9c- Músculo Esternocefálico; 10- Margem Cranial da região do ombro. 11- Crina. Fonte: DENOIX (2019).

2.6.2 Aspectos anatômicos (vértebras, articulações e ligamentos)

São duas as articulações que são formadas pelas vértebras móveis: as articulações formadas pelos corpos e as articulações formadas pelos processos articulares das vértebras adjacentes. Arcos e processos são unidos por ligamentos, onde alguns são considerados especiais por serem limitados à uma única articulação, enquanto os demais, considerados comuns, se estendem por toda a coluna vertebral. Articulação como a que ocorre entre o Atlas e o Axis deve ser considerada separadamente (GETTY, 1986).

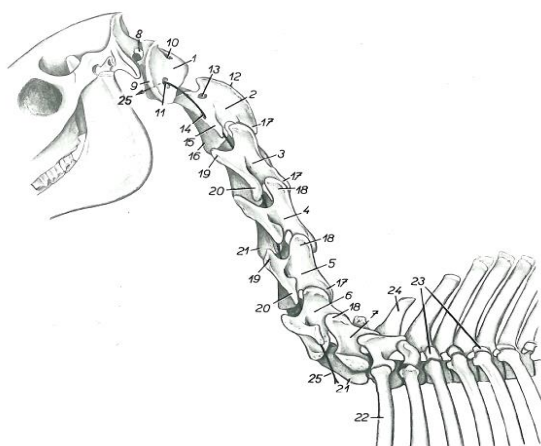


Figura 30 - Vista lateral do pescoço. Fonte: POPESKO (2012).

Articulações dos corpos são consideradas sínfises, ou seja, formadas pela junção das extremidades de vértebras subsequentes, sendo os meios de união, os discos intervertebrais fibrocartilagosos, constituídos de um ânulo fibroso periférico e um núcleo pulposo macio e central (GETTY, 1986). O disco intervertebral só não se encontra presente entre a cápsula articular fibrosa. Outros meios de união são o ligamento longitudinal ventral e o ligamento longitudinal dorsal.

Na articulação dos arcos, as vértebras típicas apresentam dois pares de processos articulares formando as articulações sinoviais com as vértebras adjacentes. As articulações sinoviais vão em direção craniocaudal e dorsoventral nesses processos articulares. As superfícies articulares são consideradas extensas, quase planas e ovais na região cervical, enquanto que na região torácica são consideradas planas e pequenas e na região lombar são côncavas nas superfícies craniais e convexas nas superfícies caudais (GETTY, 1986).

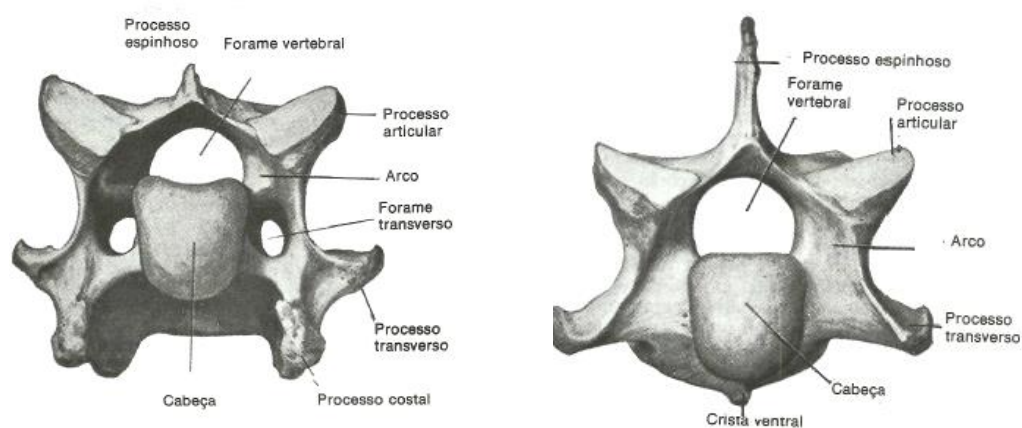


Figura 31 - Vista cranial da sexta (esquerda) e sétima (direita) vértebra cervical, elucidando a nomenclatura anatômica. Fonte: GETTY (1986).

Associado a essas articulações está o ligamento flavo, o qual é elástico e liga os arcos de vértebras adjacentes. (HAUSSLER, 2016). Ainda nas articulações dos arcos existem os ligamentos supra espinhal e nugal. O primeiro estende-se medialmente do osso occipital indo até o sacro, sendo um cordão forte, de tecido fibroso branco que se insere nos vértices das espinhas vertebrais e modifica-se na região do pescoço e cernelha para formar o ligamento nugal. O segundo, ou seja, o ligamento nugal, é extremamente elástico, cuja a principal função é auxiliar os músculos extensores da cabeça e pescoço. É composto por uma parte funicular e uma parte laminar que se insere nos processos espinhosos de C2, C3 e C4. É mais espessado em sua parte dorsal e mais afinado na sua porção ventral. Se estendendo assim, do osso occipital até a espádua, sendo contínuo na parte toracolombar do ligamento supra espinhoso. O ligamento nugal, na inserção na crista nugal do osso occipital é mais achatado lateralmente, com 3 centímetros de altura, mas muda para um formato mais arredondado rapidamente, formando a bolsa atlantal, que se situa entre a bolsa supra espinhal e o arco dorsal. A porção laminar do LN é formada por digitações que surgem da segunda e terceira vértebras torácicas e do funículo nugal, sendo direcionadas ventral e cranialmente e terminando nas espinhas das vértebras entre C2 e C6. Entre os processos espinhosos existem os ligamentos interespinhais, com duas faixas elásticas se estendendo do arco dorsal do atlas até a espinha ventral do áxis.

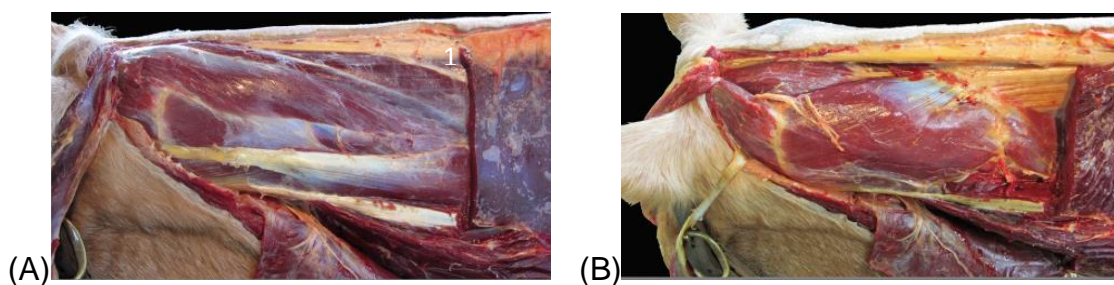


Figura 32 - Aspecto lateral (A) e dorsolateral (B) das estruturas superficiais da nuca da região cervical cranial, com ênfase no ligamento nual (1 e 2a: porção funicular e 2b: porção lamelar). Fonte: DENOIX (2019).

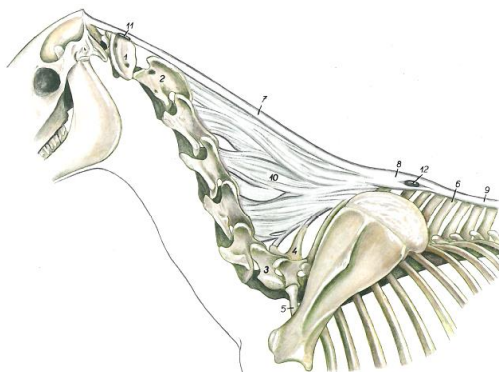


Figura 33 - Aspecto lateral do pescoço evidenciando o ligamento nual (7-funicular e 10 – lamelar). Fonte: POPESKO (2012).

As vértebras C1 (ATLAS) e C2 (AXIS) são extremamente modificadas para suas funções particulares de sustentação e movimentação da cabeça, enquanto que de C3 a C7 são mais homogêneas em suas estruturas e C3, C4 e C5 em particular são geralmente citadas como as vértebras cervicais "típicas" (HENSON, 2018).

O Atlas, além de ser mais achatado é constituído por um arco ventral e um arco dorsal que delimitam o canal vertebral e por duas asas, uma em cada lado do canal. A segunda vértebra, o Áxis, possui 4 processos articulares (dois craniais e dois caudais), um processo espinhoso longo e uma extremidade cranial, chamado processo odontóide, que se acomoda na fóvea, originada na superfície do arco ventral. (BARONE, 1986; SOUZA *et al*, 2012).

Todas as demais vértebras (C3 – C6) são constituídas por um corpo, um arco e processos. O forame vertebral é formado pela superfície dorsal do corpo e arco.

O conjunto dos sucessivos forames vertebrais dá origem ao canal medular, onde passa a medula espinhal. E o forâmen intervertebral (lateral) é a região por onde passam os nervos. As vértebras ainda possuem duas extremidades (cabeça e cavidade) que formam uma articulação de tipo sinovial entre as vértebras que se seguem (DENOIX & PAILLOUX, 2015) e dentre os processos, possuem o espinhoso e dois transversos, os quais apresentam o forame transverso, permitindo a passagem das inervações. Possuem também quatro processos articulares, processos acessórios e mamilares, entre outros que permitem a junção dos ligamentos (BARONE, 1986).

As diferenças anatômicas da vértebra C7 se fazem presentes quanto ao fato dela apresentar processos transversos sem divisão, um processo espinhoso pequeno, corpo ligeiramente menor, mais achatado e sem forame (BARONE, 1986).

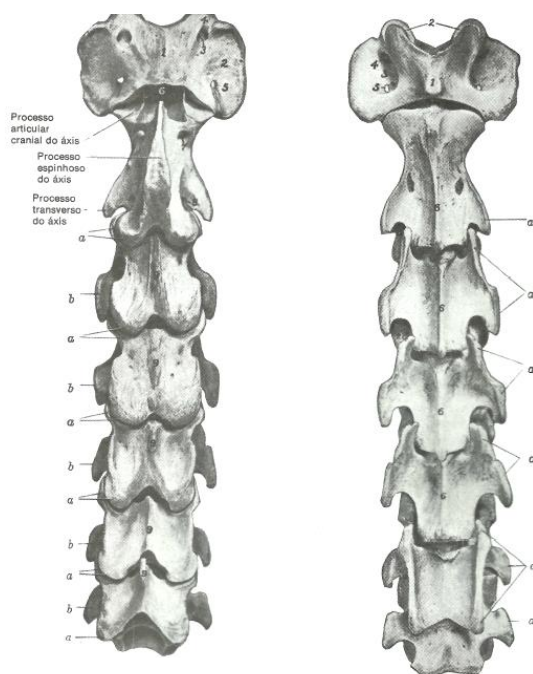


Figura 34 - Vista dorsal (esquerda) e ventral (direita) das vértebras cervicais do cavalo, evidenciando os nomes dos processos anatômicos e a articulação desta porção da coluna. Fonte: GETTY (1986).

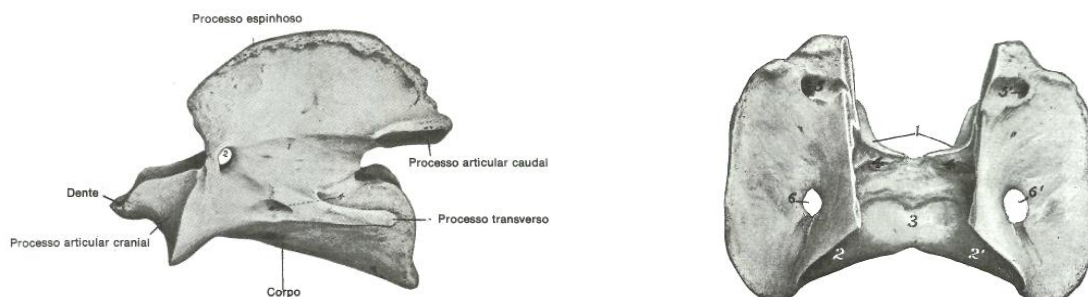


Figura 35 - Vista lateral (esquerda) e dorsal (direita) das vértebras cervicais do cavalo, evidenciando os nomes dos processos anatômicos e a articulação desta porção da coluna. Fonte: GETTY (1986).

Os ligamentos "amarelos" ou ligamento flavo são folhas de tecido elástico que abrangem o espaço entre arcos neurais vertebrais adjacentes. Eles recobrem o espaço epidural medialmente e no pescoço equino eles são extraordinariamente extensos e flexíveis para permitir o movimento.

O ligamento longitudinal dorsal corre ao longo da superfície de todas as vértebras cervicais e assim percorrem ao longo do "chão" do canal vertebral. Notavelmente, o ligamento longitudinal ventral não se estende para a região cervical no cavalo (BARONE,1986).

Os ligamentos interespinhais são elásticos no pescoço equino para permitir o movimento e os ligamentos intertransversos não são tão claramente aparentes no pescoço equino. (HENSON, 2018).

O ligamento supra-espinhal é bastante elaborado no equino, no pescoço e na cernelha ele se modifica para formar o ligamento nucal , que possui a parte dorsal mais espessada e a ventral mais afinada e se insere nos processos espinhosos de C2, C3 e C4 com a função de suportar o peso da cabeça (HAUSSLER,2016), também é composto pela parte funicular (surge da protuberância occipital externa e se insere aos vértices das espinhas vertebrais) e pela parte laminar (são direcionadas ventral e cranialmente, terminando nas espinhas de C2 –C6) (BARONE,1986).

Os ligamentos laterais são duas faixas curtas que se unem parcialmente às cápsulas articulares, compostas pelas membranas atlanto-occipital dorsal e ventral (GETTY, 1986).

O ligamento odontóide é uma continuação do sentido longitudinal, irradia-se cranialmente das cavidades para se fixar na área rugosa do assoalho do canal vertebral do atlas. A articulação atlanto-occipital é encapsulada pela fina membrana atlanto-occipital ventral e pela forte membrana atlanto-occipital dorsal, aqui, o acesso clínico pode ser adquirido para a cisterna magna subjacente do espaço subaracnóide, passando uma agulha através desta última membrana e das meninges subjacentes (HENSON, 2018).

Com relação aos nervos, uma curiosidade é que ao contrário do resto do corpo, os nervos espinhais cervicais emergem cranialmente à vértebra correspondente ao mesmo número e os nervos emergindo caudalmente a vértebra C7 são denominados C8, apesar de não haver vértebra C8 correspondente (HENSON, 2018).

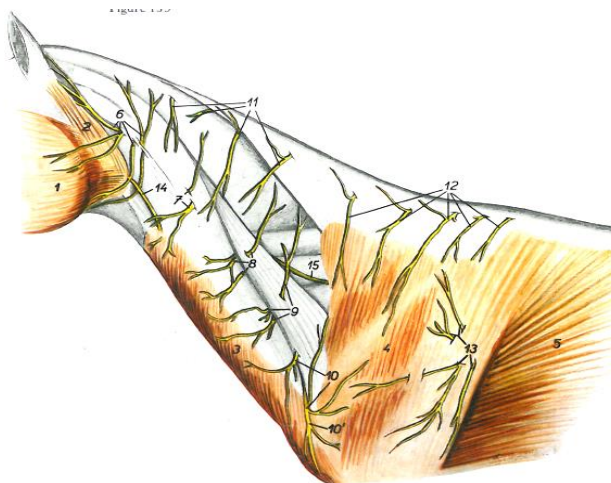


Figura 36 - Aspecto lateral esquerdo dos nervos cervicais. Fonte: POPESKO (2012).

2.6.3 Músculos cervicais

A coluna vertebral é sustentada pelos músculos e ligamentos, que juntos, atuam em sincronismos permitindo os diversos movimentos executados pelos cavalos (HAUSSLER, 1999).

Dependendo da raça e da atividade desempenhada pelo equino, cerca de 44% a 53 % de seu peso corresponde aos músculos (MACLEAY, 2004). Os

músculos podem ser classificados como músculos da cintura escapular, onde se encontram aqueles músculos que ligam a cabeça, o pescoço e tronco com os membros torácicos, formando a chamada sinsarcose e podem assim serem divididos em dorsal e ventral. Na divisão dorsal, existe a primeira e a segunda camada, onde os principais músculos da primeira camada são mm. trapézio (cervical e torácico) e da segunda camada o mm. rombóide. Na divisão ventral, se destaca o mm. braquicefálico (GETTY, 1986).

A fáscia do pescoço equino é dividida entre fáscia superficial e fáscia profunda. A superficial é formada por duas camadas e contém o mm. cutâneo do pescoço, este, é uma camada muscular fina, aderente em grande parte da pele, mas com pouca fixação ao esqueleto. Não recobre todo o corpo e pode se dividir em partes fáscia, cervical, omobraquial e abdominal. O mm. cutâneo na parte cervical está relacionado profundamente com os mm. braquiocefálico e esternocéfálico, e à veia jugular externa. Em ambos os lados, estão inseridos ao longo da linha dorsal do pescoço indo até o ligamento nugal, já na linha ventral, encontram-se em uma rafe fibrosa, assim, uma camada profunda se destaca, passando por debaixo do mm. cutâneo, alcançando o sulco jugular e cruzando para a face profunda do mm. braquiocefálico e omo-hioideo, para unir-se à camada superficial. Então, mais uma vez se separa e ao passar sob a parte cervical do mm. trapézio, insere-se no ligamento nugal. Ao longo da linha ventral há num septo que divide o mm. esternocéfálico. Já a fáscia profunda, encontra-se inserida na asa do atlas e na borda ventral do mm. longo da cabeça, bem como no atlas do mm. escaleno (GETTY, 1986).

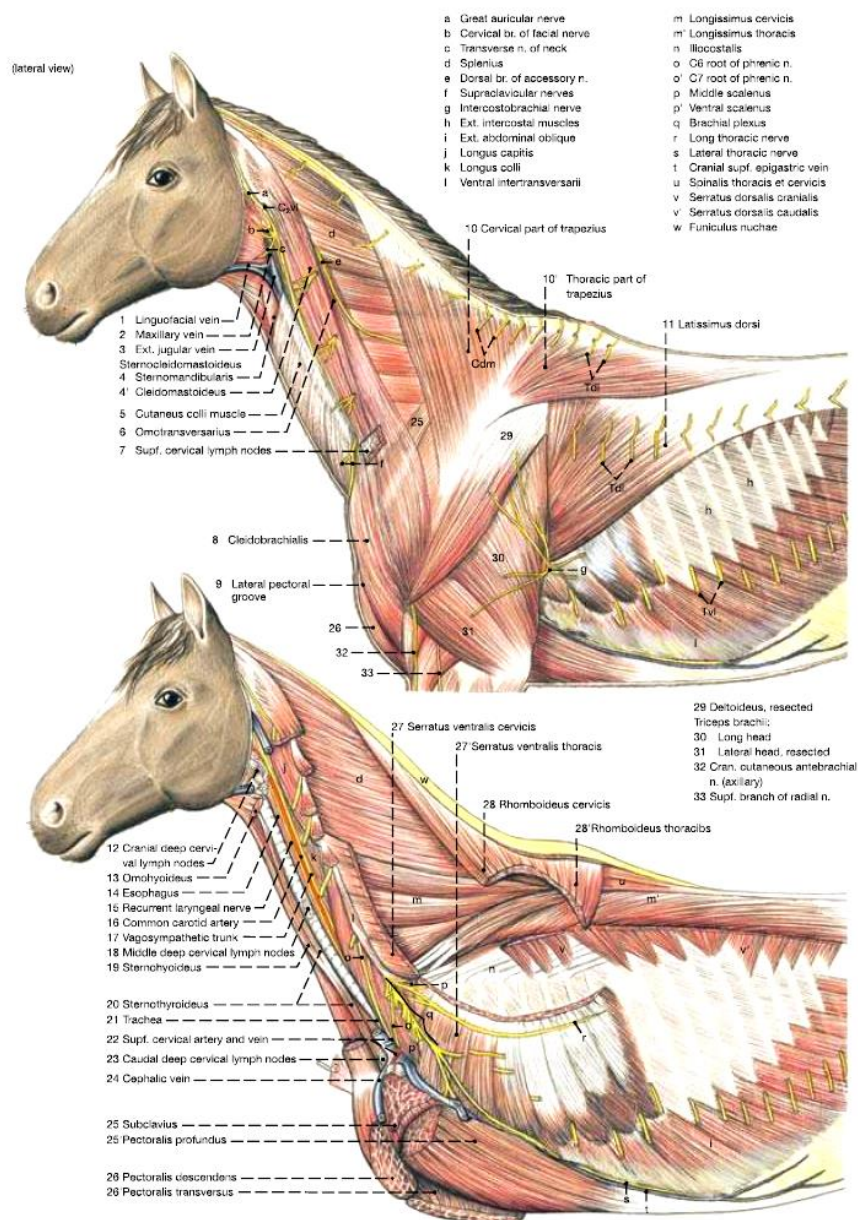


Figura 37 - Ilustração das camadas superficiais e profundas. Fonte: BUDRAS (2018).

Segundo GETTY (1986), os músculos cervicais podem ser divididos em ventrais (com 12 pares de músculos que se situam ventral e lateralmente às vertebrae) e laterais (consiste em 12 pares de músculos dispostos em camadas). Para BROOKS & PUSEY (2010), os músculos nos equinos são divididos em 3 camadas: superficial, a média e a profunda, (esta, dividida na região toracolombar em músculos epaxiais e hipoaxiais). Na camada profunda,

da região cervical, destacam-se os músculos semi-espinhais, oblíquos da cabeça, longos da cabeça e do pescoço, escalenos, reto ventral, retos dorsais da cabeça, múltífideos e ainda os intertransversos. Constituem a camada média, os músculos romboides e dentados do pescoço, sendo cobertos pelos músculos da camada superficial como os esplênios, braquiocefálicos, omotransversos, trapézios e esternocéfálicos (DENOIX; PAILLOUX, 2001).

O Músculo reto da cabeça se origina no arco ventral do atlas e se insere na parte basilar do occipital. Possui a função de flexionar a articulação atlanto-occipital (AO). (WILLIANS; McKENNA, 2014).

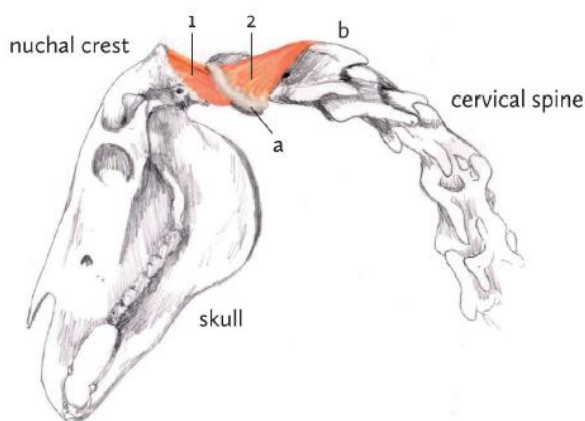


Figura 38 - Músculo reto ventral da cabeça. Fonte: WILLIANS e McKENNA (2014).

O músculo trapézio, é um músculo triangular, plano, cuja a base estende-se ao longo do ligamento supra espinhoso (C2-T10), sendo dividido em parte cervical e parte torácica. Possui a função de elevar a escápula, movendo-a cranial e caudalmente (WILLIANS e McKENNA, 2014).

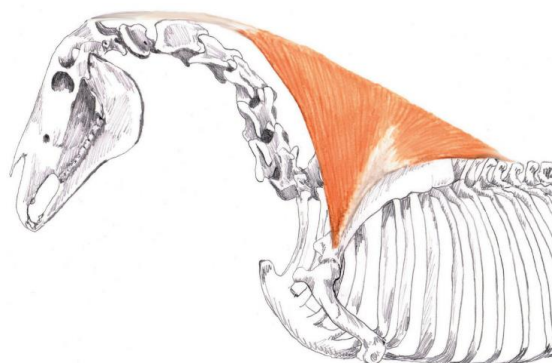


Figura 39 - Músculo trapézio. Fonte: WILLIANS e McKENNA (2014)..

O músculo rombóide, tem origem na parte funicular do ligamento nucal e se insere na superfície medial da cartilagem escapular. Sua função é elevar o pescoço e puxar a escápula cranial e dorsalmente. (WILLANS; McKENNA, 2014).

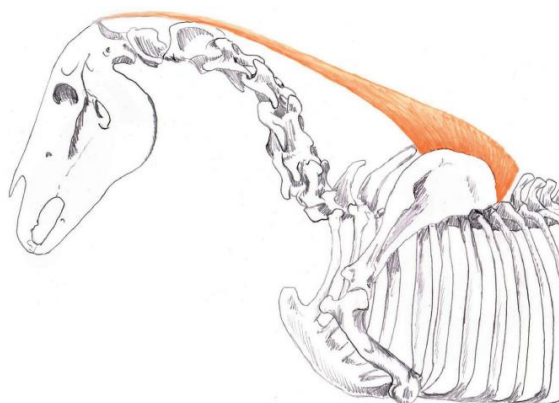


Figura 40 - Músculo rombóide. Fonte: WILLIANS e McKENNA (2014).

Músculo serrátil ventral origina-se nos processos transversos de C2-C7, inserindo-se na área cranial da superfície costal da escápula. Junto com o mm. serrátil ventral do tórax, separa o tórax entre as duas escápulas, sendo que a parte cervical puxa a borda dorsal da escápula no sentido do pescoço, enquanto a parte torácica, realiza o movimento antagônico, auxiliando no movimento caudal e cranial do membro torácico (WILLANS e McKENNA, 2014).

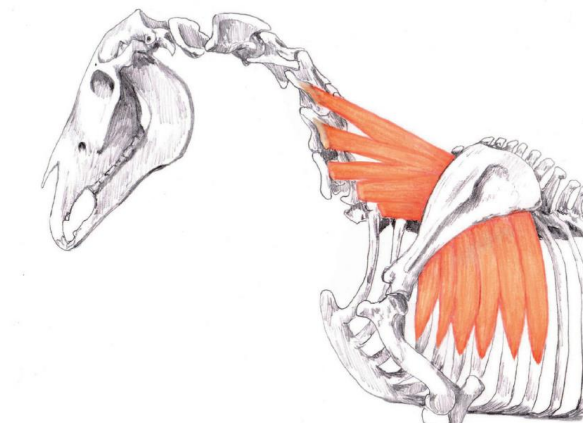


Figura 41 - Músculo serrátil ventral. Fonte: WILLIANS; McKENNA (2014).

O músculo esplênio cervical tem origem nas espinhas torácicas de T3-T5 e na parte funicular o LN, se inserindo na crista da nuca, processo mastóide, asa do atlas e nos processos transversos de C3-C5, com a função de auxiliar na elevação da cabeça e do pescoço e inclinar a cabeça (WILLANS; McKENNA, 2014).

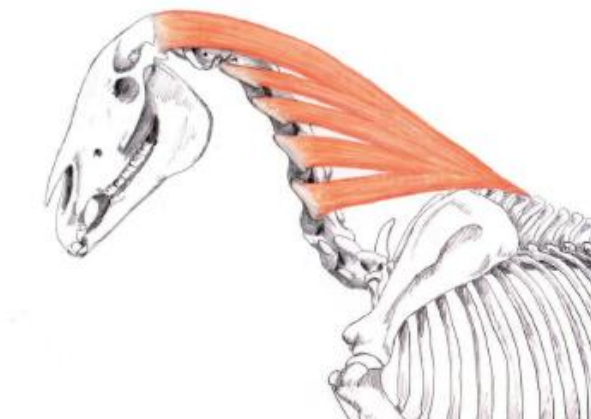


Figura 42 - Músculo esplênio cervical. Fonte: WILLIANS; McKENNA (2014)..

Músculo Omotransverso possui sua origem na fáscia do ombro e espinha da escápula, se inserindo nos processos espinhosos de C2-C4, realizando a protrusão do membro quando o pescoço está fixo e a protrusão do pescoço, quando o membro está fixo (WILLANS; McKENNA, 2014).

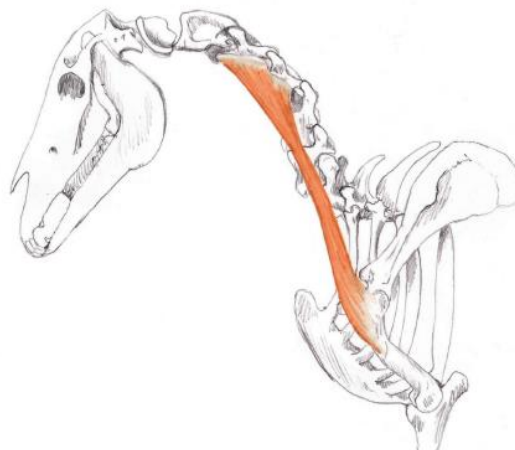


Figura 43 - Músculo omotransverso. Fonte: WILLIANS; McKENNA (2014).

O músculo braquiocefálico possui origens no processo mastoide do osso temporal, na crista da nuca, asa do atlas e nos processos transversos de C2-C4, inserindo-se na tuberosidade deltoide e crista do úmero, assim, sua função é puxar o membro torácico cranialmente, estendendo a articulação do ombro, assim como também estende a articulação do cotovelo, a cabeça e o pescoço (WILLIANS; McKENNA 2014).

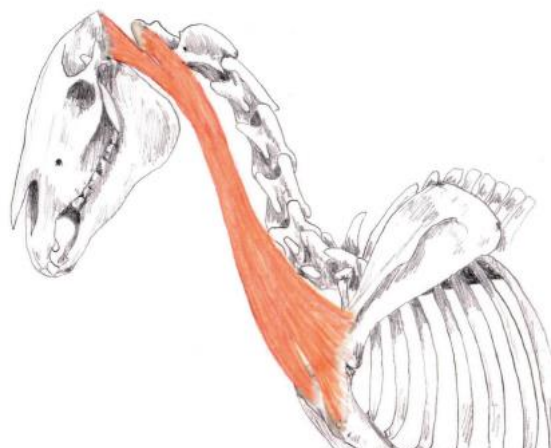


Figura 44 - Músculo braquiocefálico. Fonte: WILLIANS e McKENNA (2014).

E por fim, o músculo esternocéfálico possui sua origem na cartilagem do manúbrio, inserindo-se na borda caudal do ramo da mandíbula, com a função de inclinar e flexionar a cabeça (WILLIANS; McKENNA, 2014).

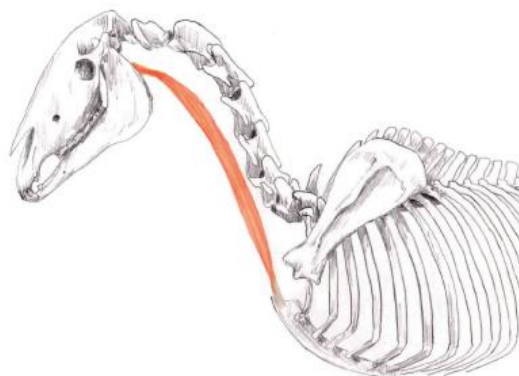


Figura 45 - Músculo esternocefálico. Fonte: WILLIANS; McKENNA (2014).

2.6.4 Biomecânica

A biomecânica dos equinos é complexa e vem despertando o interesse de estudiosos há séculos, principalmente com um interesse na posição do pescoço em esportes equestres. O movimento do pescoço é baseado em movimento intervertebral, pois também faz parte da locomoção dos equinos, sendo que a movimentação e postura do pescoço, tem um efeito considerável no tronco e nos membros e são transmitidos a eles, através das estruturas ósseas, ligamentares e musculares. Durante a locomoção, o pescoço armazena energia elástica para os tecidos passivos, como ligamentos, cápsulas articulares e fâscias, assim, para a estabilização adequada uma atividade adicional na musculatura deve ser necessária e para isso, o animal precisa de um treinamento constante, evitando-se o desgaste excessivo nas articulações vertebrais e também um trauma repetitivo ou único nos nervos, medula espinhal e nos próprios músculos. Lembrando, que a estabilidade do pescoço diminui com a idade na maioria dos equinos, em função das alterações sofridas no tecido muscular com perda de colágeno, bem como na sua coordenação e força (ZSOLDOS; LICKA, 2015). Para MOORE (2010), A cabeça e o pescoço são considerados o principal mecanismo de equilíbrio do cavalo.

Os músculos podem exercer 3 formas diferentes de contração, dependendo do tipo de movimento, sendo elas a contração isométrica (é a contração dos músculos sem mobilização articular, resultando em estabilização das articulações durante os exercícios), a contração concêntrica (contração

acompanhada pelo encurtamento do músculo, reduzindo a distância entre a origem e a inserção desse músculo. Essa contração nos músculos extensores, promove a abertura dos ângulos articulares, por exemplo na fase de propulsão do salto) e por fim, a contração excêntrica (quando o músculo contrai e se distende, promovendo o distanciamento entre a origem e a inserção do músculo, possibilitando o cavalo parar e limitar o fechamento do ângulo articular) (DENOIX,2014).

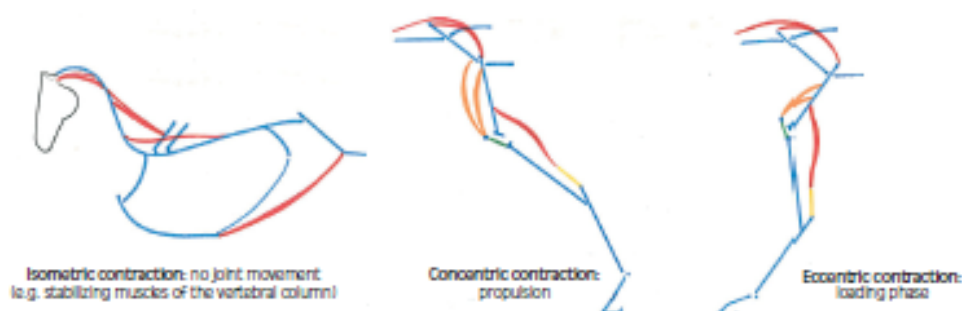


Figura 46 - Tipos de contrações e atividades musculares. Fonte: DENOIX (2014).

A movimentação da coluna vertebral é realizada por dois principais tipos de grupos musculares, os epaxiais, também chamados por flexores (se localizam acima do eixo vertebral) sendo os responsáveis pela dorsoflexão quando contraídos bilateralmente e pelos hipaxiais, também chamados de extensores (os que se encontram abaixo do eixo vertebral), os que promovem a ventroflexão, quando contraídos também bilateralmente. Os músculos epaxiais limitam a ventroflexão fazendo a estabilização da coluna e quando promovem a contração unilateral, realizam a flexão lateral, rotacionando a coluna vertebral. (DENOIX, 1999). Embora os extensores e os flexores sejam antagonistas, suas ações muitas vezes são simultâneas, o que faz com que ocorra o equilíbrio das forças e tensões que acontecem ao redor do eixo vertebral. A flexão lateral é realizada pela ação dos músculos extensores e flexores, induzindo a uma contração concêntrica unilateral da musculatura da coluna em plano horizontal, porém, esse movimento raramente é absoluto e quase sempre está relacionado a uma rotação secundária (DENOIX, 2014).

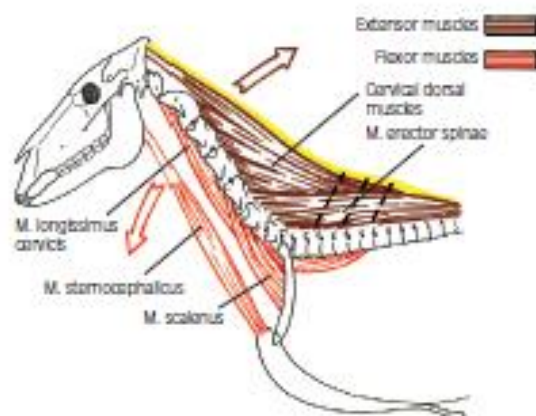


Figura 47 - Mobilização dos músculos do pescoço. Músculos epaxiais são extensores. Músculos hipaxiais são flexores. Fonte: DENOIX (2014).

O segmento da cabeça e pescoço funciona como uma viga em balanço, criando grandes forças que agem sobre e entre as articulações vertebrais, assim, para qualquer força exercida na junção intervertebral cervical cranial (cabeça e seguimento cranial do pescoço), uma força também é exercida no seguimento mais caudal, dependendo do peso, mas principalmente dependendo do comprimento desse seguimento. Em parte, essas forças são neutralizadas pelos músculos e ligamentos, através da compressão intervertebral, que de certa forma é aumentada quando a cabeça ou o pescoço são maiores e mais pesados (DYCE *et al*, 1996).

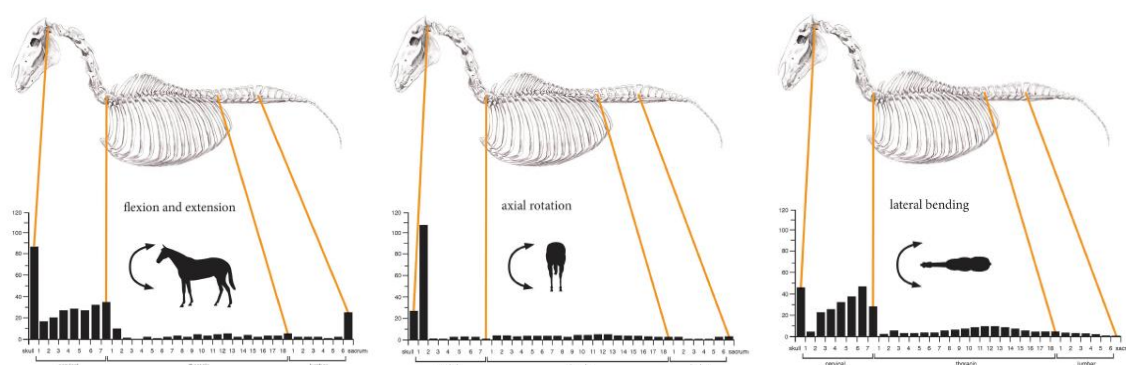


Figura 48 - Relação dos movimentos intervertebrais durante extensão e flexão, rotação lateralização do pescoço Fonte: WILLIANS; McKENNA (2014).

Em equinos atletas, os músculos desempenham um papel importante no movimento, especificamente de uma perspectiva biomecânica eles são uma parte intrínseca do controle do equilíbrio, mantendo assim o suporte de todo o corpo. Como a massa da cabeça corresponde a 4% e do pescoço 6%, juntos, representam 10% da massa corporal e a grande distância dessa massa em relação ao centro de gravidade do corpo, afeta diretamente o movimento de todo o corpo do cavalo. Assim, o uso do pescoço é marcha dependente, onde por exemplo em um galope, ele fica mais estabilizado do que em um tipo de andadura mais lenta. (ZSOLDOS; LICKA, 2015).

Os músculos profundos localizados próximos às vértebras possuem papel estabilizador, porém, isso é visto mais desempenhado pelos músculos superficiais e ligamento nual. Ao longo da coluna cervical, a estabilização ativa é principalmente alcançada pela co-ativação de músculos antagônicos e em um estudo recente, tal ação antagônica, foi documentada no pescoço, pelos músculos flexores (mm. cleidomastóide e mm. cleidobraquial) e pelos músculos extensores (mm. esplênio e mm. omotransverso), atingindo o ápice das atividades, antes da máxima extensão e flexão da cabeça e pescoço durante a amplitude do movimento (ZSOLDOS; LICKA, 2015).

Durante o salto, a elevação do pescoço e do tórax é realizadas pela contração concêntrica dos músculos serrátil cervical (se insere na parte superior da escápula), pelo mm. serrátil torácico (se insere nas primeiras oito costelas) e pelo mm. peitoral (que se divide em mm. subclávio, inserindo-se no esterno e humero) e o mm. peitoral ascendente (se insere no esterno e ombro). A posição neutra do pescoço, ou seja posição de descanso é quando há a flexão da articulação atlanto –occipital (DENOIX, 2014).

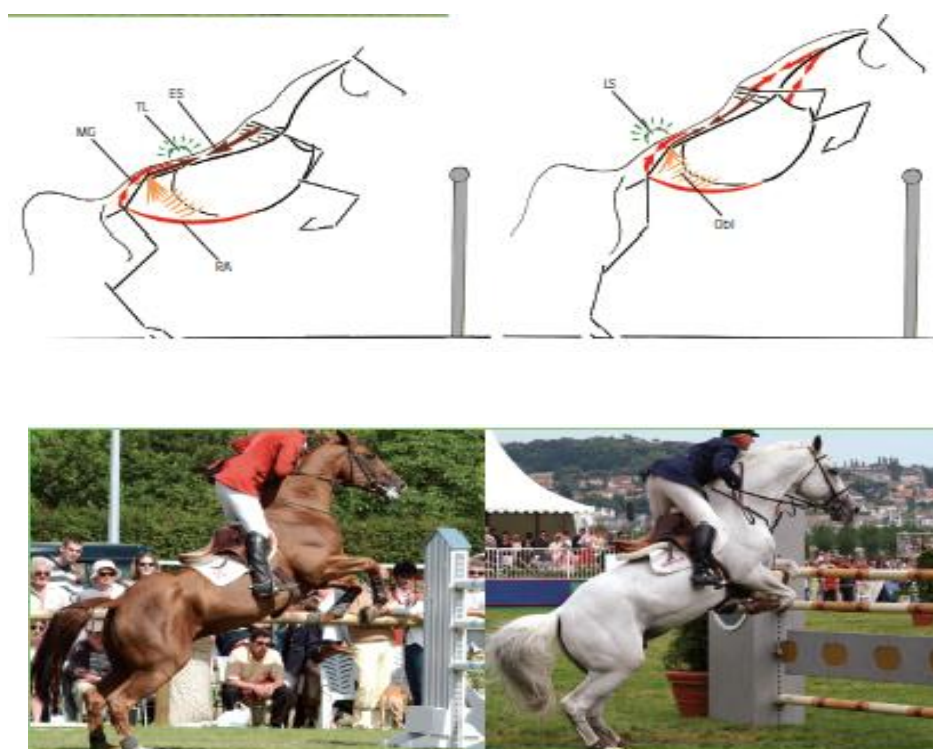


Figura 49 - Fase de propulsão do salto. Fonte: DENOIX (2014).

Como já citado, os movimentos de flexão e extensão da coluna são realizados pela musculatura hipaxial e epaxial, sendo que o conjunto de músculos que formam o conjunto epaxial, são os mm. esplênio e semiespinhal da cabeça e são responsáveis pela extensão do pescoço. Já o conjunto hipoaxial é formado pelos músculos braquiocefálico, esternocéfálico e escaleno e realizam a flexão do pescoço. (DENOIX, 2014). Quando a coluna cervical realiza a extensão, ocorre diminuição do forâmen intervertebral entre C4-T1, sendo o contrário no caso da flexão e isso fica extremamente exacerbado em pacientes com osteoartrite e durante essa extensão, a extremidade caudal vai se deslocar dorsalmente e isso fará que uma força contrária seja aplicada no disco intervertebral, assim, o canal vertebral se distende, deixando o forâmen mais estreito e encurtando o ligamento nucal (HAUSSLER, 2016).

Não existe músculos específicos para o movimento de lateroflexão, que normalmente está associado à uma rotação secundária. Ele é o resultado de uma contração concêntrica realizada pelos flexores e extensores, unilateralmente (DENOIX, 2014). O movimento de lateroflexão empre está vinculado aos movimentos de rotação que acontece dentro do eixo vertebral,

podendo ser uma reação passiva à posição dos membros, onde a contração excêntrica controlará os movimentos ou normalmente ativados por contração muscular concêntrica. Durante o trote, os membros alteram o apoio gerando a lateralização do torácico e da pelve e a coluna vertebral faz a lateralização para a direção dos membros. Por ser um movimento ativo e que resulta em contração concêntrica da musculatura, no galope o movimento é primeiramente de flexão e extensão (DENOIX, 2014).

Quando o pescoço faz o movimento de abaixamento resulta na flexão da coluna cervical baixa aumentando o esforço dos membros torácicos para manter o equilíbrio. Quando uma contração isométrica é realizada, faz com que uma contratura muscular seja evitada e promove também uma abertura dos forâmens intervertebrais. Nesse caso, os músculos e os ligamentos que estão envolvidos são o espinhal eretor, ilíaco, psoas maior, os da parede abdominal e os cervicais dorsais, sendo os ligamentos o ligamento nuchal e o supraespinhoso. Quando os membros pélvicos entram na fase de propulsão existe o abaixamento do pescoço em função da contração da musculatura ventral da coluna e extensão toraco-lombar, com contração dos músculos eretores da coluna (DENOIX, 2014).

Na fase aérea do salto, as contrações musculares ficam mais ativas pelos músculos escalenos. Eles iniciam a flexão da junção cervicotorácica e os músculos da parte superior do pescoço é que agem para estender a cabeça. Mas na fase de pico, aquela em que o animal está inteiramente sobre o obstáculo, não há ações musculares do pescoço, o que poderia afetar a trajetória da massa corporal do cavalo. No entanto, o cavalo pode mudar relativamente a posição dos seus segmentos corporais, ou seja, o axial (cabeça, pescoço e tronco) e das estruturas apendiculares (membros anteriores e posteriores). Essa fase de pico do vôo permite o movimento mais independente de várias regiões do tronco e o movimento vertebral pode acontecer em dois planos diferentes mediano (longitudinal) e transversal. A ação da junção cervicotorácica, depende do tipo de salto, por exemplo, um salto sobre a água (buraco) que é um salto mais longo em termos de distância, a coluna cervical e a torácica adotam um certo grau de extensão. O animal parece estar pulando sem estar montado e essa extensão ocorre

principalmente devido à contração da parte mais craniana (torácica) do mm. eretor da espinha, logo o cavalo salta com o arco arredondado. Essa flexão cervicotorácica é iniciada pelos mm. escaleno e longo (DENOIX, 2014).

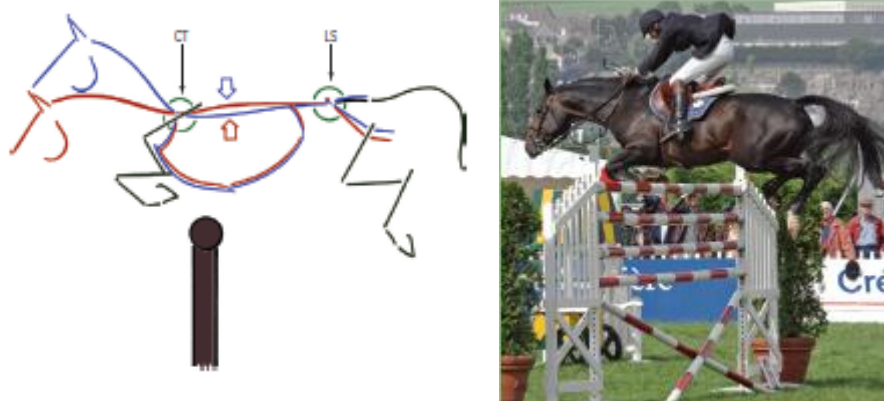


Figura 50 - Fase aérea do salto. Fonte: DENOIX (2014).

Já a queda do pescoço e da cabeça (extensão cervicotorácica), na fase de aterrissagem do salto, é controlada pela contração concêntrica dos mm. cervical dorsal e da porção torácica do mm. eretor espinhal, que ameniza a recepção, diminuindo o atrito da recepção em estruturas distais como o aparato suspensório do boleto (DENOIX,2014).

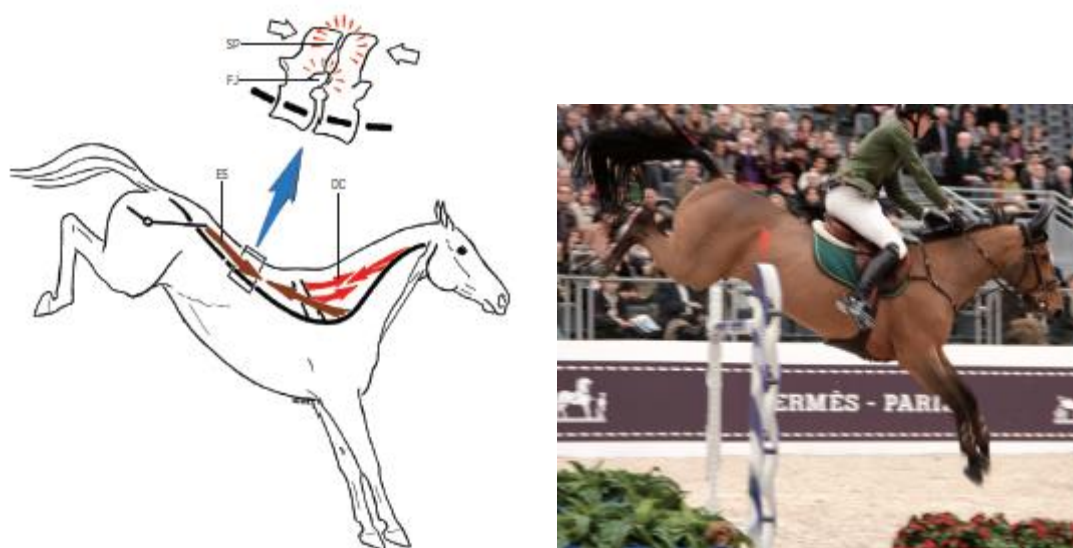


Figura 51 - Fase de aterrissagem do salto. Fonte: DENOIX (2014).

Em cavalos com “kissing spine”, uma flexão do pescoço que resultará em uma flexão da coluna torácica, fará com que haja uma separação dos processos espinhosos, levando alívio para esses animais. Já o arqueamento da região torácica proporciona um alongamento do mm. espinhal eretor e dos mm. multifido, aumentando a eficiência de sua contração nos exercícios esportivos e assim, diminui as chances de ocorrer artrite e espasmos musculares ao redor dos processos espinhosos (DENOIX, 2014).

2.6.5 Principais lesões cervicais de tecido mole ligadas ao exercício

Dentre as enfermidades da coluna cervical, podemos considerar as de origem óssea, neurológica, articular, de tecidos moles e muscular (HAUSSLER, 2016). Enfermidades oncológicas podem existir, como o mieloma, mas é considerado mais raro perante as demais enfermidades e devendo ter como diagnóstico diferencial com osteomielite, osteossarcoma, sarcoma, hemangiossarcoma e melanoma maligno (DYSON, 2011).

As principais lesões de origem óssea em cavalos são as fraturas, subluxações de 5^a, 6^a e 7^a vértebras cervical, em menor ocorrência as de 1^a e 2^a vértebras, osteoartrites, osteoartroses, osteofitos e cistos nas vértebras cervicais (DYSON, 2011).

Com relação aos tecidos moles, as principais lesões são a desmopatia do ligamento nugal, bursite nugal cranial ou caudal e mais raramente a discoespondilite, a qual pode levar o animal a um quadro de ataxia ou claudicação dos membros anteriores (DYSON, 2011).

2.6.6 Desmopatia de inserção do ligamento nugal

O ligamento nugal é uma estrutura bilobada, onde em sua inserção no osso occipital é rodeada pelos músculos semiespinhal à esquerda e direita e ventralmente pelo músculo reto da cabeça. Animais com desmopatia de inserção do nugal, muitas vezes têm histórico de trauma na região, como por exemplo um estiramento do pescoço enquanto o cavalo está amarrado ou uma quantidade de exercício excessiva com o pescoço limitado ao movimento. Os

sinais clínicos mais comuns são a resistência contra a rédea, com dificuldade ou relutância em abaixar ou flexionar a cabeça e o pescoço quando montado, levando o animal a ter a tendência de empinar e ficar levantando a cabeça durante o trabalho. A dor geralmente não pode ser induzida pela palpação e o diagnóstico poder ser realizado com a termografia mostrando aumento de temperatura na região (hot spot) e confirmado com exames complementares como raio-x, cintigrafia, tomografia computadorizada e ultrassonografia, que acaba não sendo fácil e a interpretação muitas vezes torna-se difícil. O tratamento consiste em infiltrações com corticosteroides local, trabalhar principalmente em linhas retas e o uso de terapias integrativas como acupuntura, magnetoterapia, laser e para alguns cavalos, o shock wave pode ajudar. A mineralização às vezes é vista dorsalmente à primeira vértebra cervical, como um achado radiológico, pois não está associada à sinais clínicos. (DYSON, 2011).



Figura 52 - A imagem (A), demonstra a presença de exostose no osso occipital. A imagem (B) demonstra a presença de uma mineralização do LN e em (C), temos a imagem ultrassonográfica da presença de desmitte de inserção com nova formação óssea no osso occipital. Fonte: DYSON (2011) ; KIDD *et al.* (2014).

2.6.7 Bursite nugal

A bursite nugal é uma causa rara de rigidez, dor ou postura anormal do pescoço, podendo ser infecciosa ou não. Pode haver edema localizado nos tecidos moles e o diagnóstico se faz com base na identificação ultrassonográfica do edema, dorsalmente à C1 e C2. Nesses casos, o debridamento cirúrgico demonstrou ser eficiente na resolução dos sinais clínico (DYSON, 2011).

2.6.8 Discoespondilite

A discoespondilite é uma causa rara de dor em equinos, claudicação ou ataxia em equinos e traumas podem ser a causa inicial. As lesões nos equinos são na região do pescoço caudal, entre C6-C7 e C7-T1 e na cervical média, entre C3-C4 em associação com um quadro de dor muito grande e claudicação intermitente dos membros torácicos uni ou bilateralmente, necessitando de exames de imagem complementares para se obter o diagnóstico (DYSON, 2011).

2.6.9 Miosite cervical

O significado clínico da dor muscular ou tensão muscular ainda é pouco compreendido e documentado. Devido a traumas agudos, lesões por repetição, intensidade ou tempo do exercício ou ainda causadas por injeções intramusculares, temos as enfermidades musculares (DYSON, 2011).

Geralmente, os animais apresentam alterações comportamentais mostrando-se relutantes em alguns movimentos, com queda de performance, rigidez aguda no pescoço, emagrecimento por não conseguir abaixar o pescoço para se alimentar, podendo haver ou não claudicação uni ou bilateral dos membros torácicos ou aumento de volume localizado, atrofia, hipertrofia ou hipertonidade. Muitos cavalos se defendem da palpação dos músculos braquiocefálicos na base do pescoço, sendo mais evidente quando o animal

apresenta claudicação na parte distal do membro anterior, onde essa dor, geralmente é secundária e não primária. A dor braquicefálica primária na base do pescoço, foi observada em equinos com queda no desempenho e com sutis alterações no trote quando montados, movimentando o pescoço de forma anormal. Atrofias nos segmentos dos músculos multifidos foram observadas em cavalos com patologias dos processos articulares. Não há dúvidas que os cavalos com dor cervical, sentem-se aliviados e voltam a ter um melhor desempenho após o tratamento integrativo fisioterápico com a laserterapia, acupuntura, quiropraxia, ondas TENS/FES, ultrassom terapêutico, magnetoterapia, massagens e alongamentos (DYSON, 2011).

STUBBS *et al.* (2011^a) cita que a resposta muscular frente ao exercício varia de acordo com o tipo de contração muscular e o período de treinamento, logo, pesquisas nesse sentido puderam verificar aumento significativo na área transversal de fibras musculares tipo I e/ou tipo IIA em cavalos com treinamento inferior a três meses. Exercícios que exigem contração excêntrica causam mais lesões às estruturas musculares esqueléticas, pois nesse tipo de contração poucas fibras musculares são requisitadas para criar muita força, podendo causar rupturas ou desenvolvendo uma desorganização das miofibrilas e microlesões na membrana celular, havendo a instalação de um processo inflamatório no tecido muscular com dor local subsequente (WILLMORE; COSTILL, 2001). Essas microlesões se caracterizam por distúrbios nas proteínas estruturais presentes na célula muscular e no tecido conjuntivo. Juntamente com esses danos, ocorre um influxo de íons cálcio do interstício para o interior da fibra muscular, onde passa-se a ter um acúmulo desses íons na mitocôndria, fazendo com que haja a inibição da respiração celular e na produção de energia e assim, dificultando a eliminação do cálcio pela célula de forma ativa. Com o excesso desse íon no interior da célula, inicia-se uma fase autogênica, com o aumento nas ações das proteases e fosfolipases, o que resulta em lesão progressiva das miofibrilas e da membrana plasmática. Também ocorre um comprometimento na síntese de glicogênio quando há lesão muscular, pois de 6 a 8 horas após o exercício ou seja, quando inicia-se o processo de reparação muscular ele diminui ou cessa completamente essa síntese, fazendo com que se torne limitada a capacidade

de armazenamento de substrato energético no músculo (WILLMORE; COSTILL, 2001).

Diagnósticos de lesões musculares podem ser realizados através de uma boa anamnese, incluindo palpação muscular, observação da musculatura quanto a presença de atrofias, hipertrofias, relutância aos movimentos de flexão, extensão, lateralização e observação do cavalo em movimento (ao passo, trote e galope), montado e puxado, seguida de exames complementares laboratoriais como amostras de sangue para avaliar a atividade das enzimas moduladoras de lesão muscular, tais como CK, AST e LDH, além de proteínas totais, eritrócitos e células de defesa. Para DIAS *et al* (2009), alterações nos constituintes do sangue e o estresse oxidativo são considerados mecanismos fisiopatológicos existentes no aparecimento de lesões musculares relacionadas ao exercício. Quando os limites fisiológicos são ultrapassados, a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), também conhecidas como radicais livres relacionadas ao exercício é uma das consequências desse processo, destacando-se as lesões teciduais pela oxidação dos componentes celulares como as membranas lipídicas, contribuindo para acelerar o processo de fadiga e lesão da fibra muscular e conseqüentemente intolerância ao exercício e queda de performance (MOFFARTS *et al.*, 2004). Para Korhonen *et al* (2000), um aumento da atividade peroxidativa dos leucócitos foi demonstrada após sessão de exercícios, assim como, a diminuição da fluidez eritrocitária que afeta a microcirculação da musculatura, ocasionando lesão tecidual, com aumento da atividade das enzimas ligadas à lesão muscular. Dias *et al* (2009), demonstrou que animais atletas suplementados com antioxidantes como a vitamina E e selênio, tiveram o retorno basal de eritrócitos e leucócitos em apenas 6 horas após a atividade equestre de salto, enquanto os animais não suplementados, tiveram seu retorno basal entre 12 e 24 horas, indicando a não existência de lesão muscular aguda /subaguda após a prática da atividade hípica de salto. Outros exames complementares que podem indicar a presença ou não de lesão muscular após exercício, são os exames de imagem associados como termografia (presença de áreas com *hot spots*), raio-x (observa as margens dos processos articulares, presença de osteófitos, e cápsulas articulares, podendo se estender desde a região caudal do osso

occipital até a última articulação visível (C7-T1) e ultrassonografia, na qual possibilita a verificação de imagens com hipoecogenicidade ou anecóicas, nos casos de efusão das cápsulas articulares e imagens que mostrem desalinhamento ou ruptura das fibras dependendo do tempo e do grau de lesão muscular (DYSON, 2011).

3. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo avaliar áreas de tensão do tecido muscular por ultrassonografia e termografia nas regiões cranial, média e caudal da região cervical em equinos pré e após exercício na modalidade equestre de salto (hipismo), verificando assim as diferenças e demanda dentre essas regiões.

REFERÊNCIAS

AAEP, v.45, p. 67-84, 1999.

ALFEN, N. V.; MAH, J. K. **Neuromuscular Ultrasound: A New Tool in Your Toolbox**. doi:10.1017/cjn.2018.269 Can J Neurol Sci. 2018; 45: 504-515

AMORT, K.; KRAMER, M. Future of diagnostic imaging. In: Proceeding of the European College of Veterinary Surgeons – ECVS, Copeenhagen. **Anais... Copeenhagen :2014**.

ARENHART, Rodrigo et al. Thermographic and histological analysis of rabbit different tenorrhaphies techniques (4 and 6 strands) after early active mobilization. **Fisioterapia em Movimento**, v. 27, n. 4, p. 611-619, 2014.

ARFAOUI, A.; POLIDORI,G.; TAIAR, R.; POPA, C. Infrared Thermography in Sports Activity. In: PRAKASH, R. V. (Ed.). **Infrared Thermography**. 1. Ed. Croacia:In Tech, 2012. P. 141-168.

ARRUDA, T. Z. Avaliação termográfica de selas usadas em cavalos de salto. (**Dissertação**). Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria. 2010.

Atlas of equine ultrasonography / edited by Jessica Kidd, Kristina G. Lu, Michele L. Frazer. This edition first published 2014 © 2014 by John Wiley & Sons, Ltd. *Registered office*: John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK, p 1-21, 2014.

BARONE,R. Anatomie compare des mammifères domestiques, Tome1: Ostéologie, Paris: Vigot, 1986.

BARREIRO,A. L. B.S., DAVID,J.M. Estresse oxidative: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Revista Química Nova**, v.29, p. 113-123, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000100021>. Disponível em : <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S0100-40422006000100021>.

BERG, L. C. et al. Ultrasonography of the equine cervical region: a descriptive study in eight horses. **Equine veterinary journal**, v. 35, n. 7, p. 647-655, 2003.

BEZERRA , L. A. **Uso de imagens termográficas em tumores mamários para validação de simulação computacional**, 2007. 59 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Curso de pós –graduação em engenharia mecânica – Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

BROOKS, J & PUSEY,A. In : Brooks, J; Pusey,A. & Jenkes, A. *Osteopathy and* CARVALHO, C.F. Bases físicas da formação da imagem ultra-sonográfica. **Ultra-sonografia em pequenos animais**. 1. ed. São Paulo: Rocca, 2004, p.365.

CENA, K. Radioactive Heat loss from animal and man. In : Monteih J. L. and Mount, L. E. (eds) Heat Loss from Animals and Man . **Butterworths, London, UK, PP.** 34-57, 1974.

CETINKAYA, Mehmet Alper; DEMIRUTKU, Alper. Thermography in the assessment of equine lameness. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 36, n. 1, p. 43-48, 2012.

CURRY, T.S.; DOWDEY, J.E.; MURRY, R.C. Ultrasound. **Christensen's Physics of Diagnostic Radiology** .4 ed, Williams & Wilkins: Philadelphia, 1990. p.323–371.

DENOIX, J.M. Biomechanics and physical training of the horse. **1 ed. Florida: CRC Press**, p. 89-97, 2004.

DENOIX, J.M. Physical therapy and massage for the horse. **Trafagal Square**, 2001.

DIAKIDES, M.; BRONZINO, J. D.; PETERSON, D.R. **MEDICAL Infrared imaging principles and practices**. New York: CRC Press, 2013.

DIAS, D.C.R; ROCHA, J.S; GUSMÃO, A.L; EL-BACHÁ, R.S; AYRES, M.C.C. Efeito da suplementação com vitamina E e selênio sobre o quadro hematológico, enzimas marcadoras de lesão muscular e índice de peroxidação de biomoléculas em equinos submetidos à atividade de salto. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n. 3, p. 790-801, jul./set.2009.

DYCE, K. M. ; SACK, W. O., WENSING, C. J. G. **The locomotor apparatus**. In: Dyce, K. M., Sack, w. o., Wensing, C. J. G. (Ed), TextBook of veterinary anatomy, W. b. Saunders, Philadelphia, p. 31-35.

DYCE,K.M.; SACK, W.O.; WENSING, C.J.G. **Tratado de anatomia veterinária**. São Paulo: Elsevier, p. 496, 2004.

DYSON, S.J. **The cervical spine and soft tissues of the neck**. In: ROSS, M.W.; DYSON,S.J. Diagnosis and management of lamness in the horse. Saunders, p. 522-531, 2003.

E CÔRTE, A. C. R. e HERNANDEZ, A. J. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, n. 4, p. 315-319, 2016.

EDDY, A. L.; VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. The role of thermography in the management of equine lamness. **Veterinary Journal**, v. 162, n. 3, p. 172-181, 2001.

EDDY, A. L.; VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. The role of thermography in the management of equine lameness. **The veterinary journal**, v. 162, n. 3, p. 172-181, 2001.

ERIKSON, K.R.; FRY, F.J., JONES, J.P. Ultrasound in Medicine- A Review. **Transactions on Sonics and Ultrasonics**, v.21, n.3, p. 144-170, 1974.

FERRAZ, G.C.; QUEIROZ-NETO, A. Guia pratico de exames termograficos em equinos. **Bras J Equine Med** v.31, p. 24-28, 2010b.

FERREIRA, J. J. A.; MENDONCA, L. C. S.; NUNES, L. A. O.; ANDRADE FILHO, A.C. C.; REBELATTO, J. R.; SALVINI, T. F. Exercise associated thermographic changes in Young and elderly subjects. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 36, p. 1420–1427, 2008. DOI: 10.1007/s10439-008-9512-1. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18470619>>.

FERREIRA, K. D. ; FILHO, S. H. À.; BERTOLINO, J.F.; SILVA, L. A. F. DA; VULCANI, V. A. S. TERMOGRAFIA POR INFRAVERMELHO EM MEDICINA VETERINÁRIA. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 13, n. 23, p. 1298-1313, 2016.

FIGUEIREDO, T; DZYEKANSHI, B; KUNZ J; SILVEIRA, AB; RAMOS, C. A importância do exame termográfico na avaliação do aparato locomotor em equinos atletas. **Revista Científica Eletrônica da Medicina Veterinária**, 2012, p.9.

Fisioterapia em Movimento, v. 27, n. 4, p. 611-619, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-5150.027.004.AO13>.

FLIR SYSTEMS. **User's Manual- Flir EXX Series**. USA: FLIR SYSTEMS PUBLICATIONS, 2013.

FONSECA, B. P. A. et al. Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 26, n. 11, p. 507-516, 2006.

FONSECA, B.P.A.; ALVES, A.L.G.; NICOLETTI, J.L.M. *et al.* Thermography FURST, A. Cervical vertebral arthrosis in horses: an overview Halswirbelsaulenarthrose beim pferd: **Eine Übersicht Prakt.** v. 87, p. 956-964, 2006.

GAUSSOBORGUES, G. **Infrared Thermography**. Berlin: Springer,1994.

GOLLOB, E.; EDINGER, H.; STANEK,C.; WURNING, C. Ultrasonographic investigation of the atlanto-occipital articulation in the horse. **Equine Vet. J.**, v. 34, p. 44-50, 2002.

GRAFF, K.F. **A History of Ultrasonics in Physical Acoustics**. 15 ed. New York Academic, 1981 p.2-97.

GROSSBARD, Brian P. et al. Medical infrared imaging (thermography) of type I thoracolumbar disk disease in chondrodystrophic dogs. **Veterinary Surgery**, v. 43, n. 7, p. 869-876, 2014.

LATORRE, R.; RODRIGUEZ, M. J. In search of clinical truths: equine and comparative studies of anatomy. **Equine veterinary journal**, v. 39, n. 3, p. 263-268, 2007.

HAGER, D.A. The diagnosis of deep muscle abscesses using two-dimensional HARCKE, H.T.;GRISSOM, L.E. AND FINKELSTEIN,M.S. Evolution of the musculoskeletal system with sonography. **Am. J. Roentgenol.** v. 150, p. 1253-1261, 1988.

HAUSSLER, K.K. Equine Chiropractic: general principles and clinical applications. In: AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 2000, Proceedings..., v.46, p.84-93, 2000.

HAUSSLER, Kevin K. **Functional Anatomy and Clinical Biomechanics of the Equine Cervical Spine.**

FRAZER, M.L. **Atlas of equine ultrasonography.** 1 ED. Oxford: Willey Blackwell, 2014, p . 199-210.

HEAD,M. **Ultrasonography of the neck and back.** In: Kido, J. A.;Lu, K. G.;; Frazer,M. L. Atlas of equine ultrasonography. 1 ed. Oxford: Willey. HENSON, F. M. D. Equine back pathology: diagnosis and treatment. West Sussex: Blackwell Publishing, 2009.

HENSON, F.M.D. **Equine Neck and Back Pathology.** 2 ed. Oxford: Wiley,.p.27-36, p.149-150, 2018.

HERSHEL, F. W. Experiments on the refrangibilityof the invisible rays of the sun. **The Philosophical Magazine**, p. 284-292, 1800b. Dsiponível em: <<https://tandfonline.com/doi/full/10.1098/14786440008562602> >

HETT, A. R.; BUSATO, A.; UELTSCHI, G. Radiographic measurements of the equine cervical spine with arthrotic alterations-a retrospective statistical study. **Pferdeheilkunde**, v. 22, n. 3, p. 24, 2006.

GETTY, R. SISSON AND GROSMANS`S. **Anatomia dos Animais Domesticos**, v. 1, 5ª ed.. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, p. 235-238, p. 324-327, p. 362-370, 1986.

HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C.; AMMER, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors**, v. 10, n. 5, p. 4700-4715, 2010.

HOLMES, L.C.; GAUGHAN, E.M.; GORONDY, D.A.; HOGGE, S.; SPIRE, M.F. The effect of perineural anesthesia on infrared thermographic images of the forelimb digits of normal horses. **Can Vet J.** v. 44, p.392-396, 2003.

HOLMES, Layne C. et al. The effect of perineural anesthesia on infrared thermographic images of the forelimb digits of normal horses. **The Canadian Veterinary Journal**, v. 44, n. 5, p. 392, 2003.

HURNIK, J. F.; BOER, S. De; WEBSTER, A. B. Detection of health disorders in dairy cattle utilizing a thermal infrared scanning technique. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 64, n. 4, p. 1071-1073, 1984.

INFERNUSO, T. et al. Thermal Imaging of Normal and Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifles in Dogs. **Veterinary Surgery**, v. 39, p. 410–417, 2010.

Infrared Physics & Technology, v. 62, p. 1–6, 2014. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.infrared.2013.09.011>. Disponível em: injections and palmar digital neurectomy in horses. *Vet J.* v. 164, n. 2, p. 129-141, 2002.

JANES, J. G. et al. Cervical vertebral lesions in equine stenotic myelopathy. **Veterinary pathology**, v. 52, n. 5, p. 919-927, 2015.

JIANG, L. J. et al. A perspective on medical infrared imaging. **Journal of medical engineering & technology**, v. 29, n. 6, p. 257-267, 2005.

JIANG, L. J.; NG, E. Y.K.; YOU, A. C. B.; WU, S.; PAN, F.; YAU, W. Y.; CHEN, J. H.; YANG, Y. A perspective on medical infrared imaging. **Journal of Medical Engineering and Technology**, v. 29, n. 6, p. 257-267, 2005.

JOHNSON, V. Diagnostic imaging: Reflecting on the past and looking to the future. **Veterinary Record**, v. 172. N. 21, p. 546-551, 2013.

KASTBERGER, G.; STACHL, R. **Infrared imaging technology and biological applications**. Behavior Research Methods, Instruments, & Computers 35, 429-439, 2003.

KIDD, J. A.; LU, K. G.; FRAZER, M. L. et al. **Atlas of Equine Ultrasonography**. 1 ed, Wiley Blackwell, p. 1, 2014.

KRAUS, M.; MAHAFFEY, M.; GIRAED, E.; CHAMBS, J.; BROWN, C.; COATES, J. Diagnosis of C5-C7 spinal luxation using 3D computed tomographic LAHIRI, B. B.; BAGAVATHIAPPAN, S.; JAYAKUMAR, T.; PHILIP, J. Medical applications of infrared thermography: A review. **Infrared Physics and Technology**, v. 55, n. 4, p. 221-235, 2012. Disponível em : <<https://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.007>>.

LAHUNTA, A.; GLASS, E.; KENT, M.; *Veterinary neuroanatomy and clinical neurology*. 4 ed. St. Louis : Elsevier, 2015.

LAMB, C.R.; STOWATER J.L.; PIPERS F.S. The first twenty-one years of veterinary diagnostic ultrasound. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v.29, n.1, p.37-45, 1988.

LATORRE, R.; RODRIGUEZ, M. J. In search of clinical truths: equine and comparative studies of anatomy. **Equine veterinary journal**, v. 39, n. 3, p. 263-268, 2007.

LUDWIG, N.; FORMENTI, D.; GARGANO, M.; ALBERTI, G. Skin temperature LUZI, F., MITCHELL, M.; COSTA, L. N.; RADAELLI, V. **THERMOGRAPHY: current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine**. Brescia: FONDAZIONE INIZIATIVE ZOOPROFILATTICHE E ZOOTECHNICHE BRESCIA, 2013.

MACLEAY, J. M., Diseases of musculoskeletal system. In: Reed, S.M., Bayly, W.M., Sellon, D. C (Eds): *Equine Internal Medicine*. St. Louis: W. B. Saunders Company; 461-522.

MARINO, D. J.; LOUGHIN, C. A. Diagnostic imaging of the canine stifle: A review. **Veterinary Surgery**, v.39, n. 3, p. 284-295, 2010.

MAYHEW, G.J. *The disease spinal cord*. In: AMERICA ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 1999, Lexington. *Proceedings...*, Lexington : MEIRA, L. F. de; KRUEGER, E.; NEVER, E. B.; NOHAMA, P.; SOUZA, M. A. Termografia na área biomédica. **Pan American Journal of Medical Thermology**, v. 1, n. 1, p. 31-41, 2014.

MEOLA, C. Origin and Theory of Infrared Thermography. In: MEOLA, C. editors. **Infrared Thermography: recent advances and future trends**. New York: Bentham Science, 2012(b).

MODEST, M. F. **Radiative Heat Transfer**. Massachusetts: Waltham Academic Press, 2013.

MOFFARTS, B.; KIRSCHVINK, N; ART, T.; PINCEMAIL, J.; MICHAUX, C.; CAYEUX, K.; DEFRAIGNE, J.; LEKEUX, P. Impact of training and exercise intensity on blood antioxidant markers in healthy Standardbred horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, Cambridge, v. 1, n. 3, p. 211-220, 2004.

MOLLMANN, K.; KARSTADT, D.; PINNO, F.; VOLLMER, M. Selected critical applications for thermography: Convections in fluids, selective emitters and highly reflecting materials. In: **Proceedings of the Infrared Camera Calibration Conference**. Las Vegas, p. 161-173, 2005.

NAGY, P.B. An Introduction to Ultrasound. **Ultrasonics**, v.40, n 1-8, p.689-696, 2002.

NAZARIAN, Levon N. et al. Paraspinal ultrasonography: lack of accuracy in evaluating patients with cervical or lumbar back pain. **Journal of ultrasound in medicine**, v. 17, n. 2, p. 117-122, 1998.

NEWMAN, P G.; ROZYCKI, G. S. THE HISTORY OF ULTRASOUND. **Surgical Clinics of North America**, v. 78, n. 2, p. 179-195, 1998.

NG, Y. E. K. A. A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumor. **International Journal of Thermal Sciences**, v48, p. 848-859, 2009.

NYLAND, G. T.; MATTOON, J. S. **Small animal diagnostic ultrasound**, 2. ed. WB Saunders, 2002, 461p.

OKADA, K.; TAKEMURA, K.; SATO, S. Investigation of various Essentials factors for optimum infrared thermography. **Journal Of Veterinary Medical Science**, v. 75, n. 10, p. 1349-1353, 2013. DOI: 10.1292/jvms.13-0133.

Palmer, S.E. Effect of ambient temperature upon the surface temperature of the equine limb. **American Journal of Veterinary Research**. v.44, p.1098–1101, 1983.

Palmer, S.E. Use of portable infrared thermometer as a means of measuring limb surface temperature in the horse. **American Journal of Veterinary Research** v.42, p. 105–108, 1981.

PASCOE, D.D.; MERCER, J.B.; WEERD, L. Physiology of thermal signs. In: DIAKIDES, N.A.; BRONZINO, J.D. *Medical infrared imaging*. CRC Press, 6-1 - 6-5, 2008.

PRACTITIONERS : *Pain in the neck meeting*, 2016.

Purohit, R.C. Use of thermography in veterinary medicine. In: Cohen, J.M. and Lee, M.(eds) *Thermography in Rehabilitation Medicine*. **Impress Publication, Wilsonville, Oregon**, pp. 135–147, 2008.

Purohit, R.C., Pascoe, D.D., DeFranco, B. and Schumacher, J. Thermographic evaluation of the neurovascular System of the equine. **Thermology International** 14, 89–92, 2004.

PUROHIT, R.C.; BERGFELD, W. A.; MCCOY, M. D.; THOMPSON, W. M.; SHARMAN, R.S. Value of clinica thermography in veterinary medicine. **Auburn Vet** 33: 104-108, 1977.

PUROHIT, R.C.; MCCOY, M.D. Thermography in the diagnosis of inflammatory process in the horse. **Am J Vet Res**. v. 41, n.8, p. 1167-1174, 1980.

real time ultrasound. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs*. v. 32, p. 523-529, 1986. reconstruction. **Veterinary Radiology & Ultrasound**. 38 : 39-41, 1997.

REDAELLI, Veronica et al. Use of thermographic imaging in clinical diagnosis of small animal: preliminary notes. **Annali dell'Istituto superiore di sanità**, v. 50, p. 140-146, 2014.

RING, E. F. The discovery of infrared radiation in 1800. **Imaging Science Journal**, v. 48, n. 1, p. 1-8, 2000.

RING, E.F.J. The historical development of thermal imaging in medicine. *Rheumatology* v.43, n.6, p. 800-8002, 2004.

RING, F. J.; JONES, B. F. Historical Development of the Thermometry and Thermal Imaging in Medicine. In.: **Medcial infrared Imaging Principles and Practices**. New York: CRC Press, 2013. P.2-6.

RIZZO, M.; ARFUSO, F.;ALBERGHINA, D.;GIUDICE, E.;GIANESELLA, M.; PICCIONE, G. Monitoring changes in body syrface temperature associated with treadmill exercise in dogs by use infrared methodology. **Journal of Thermal Biology**, v. 69, n. March, p. 64-68, 2017. Disponível em <<https://dx.doi.org/10.1016/j.2017.06007>>.

RUSH, B.R.: GRADY,J.A. Cervical stenotic myelopathy. In: *Compendium equine*. p. 430-436, 2008.

SELBERG, K.; BARRET,M. Imaging of the equine neck. AAEP: Pain in the neck meeting, 2016.

SILVA, C.; MARTINS, R. DE A. A teoria das cores de Newton: um exemplo don uso da história da ciência em sala de aula. HERSHEL, F. W. Investiagation of the Powers of the Prismatic Colours to Heat and Illuminate Objetcs **PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OFBTHE ROAYAL SOCIETY OF LONDON**, v. 0, n.0, p. 255-283, 1800a.

SIMON, Erika L. et al. Influence of exercise on thermographically determined surface temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 229, n. 12, p. 1940-1944, 2006.

SMITH, W. M. Application of Thermography in Veterinary Medicine. **Annals New York Academy Sciences**, v. 121, p. 248-254,1964.

SOROKO, M.; DAVIES MOREL, M. C. G. v 1, p. 4-5. Equine Thermography In Practice. Ed. CABI, Boston, 2016.

SOUZA, L. P. et al. Aspectos tomográficos da coluna cervical de equinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 1137-1144, 2012.

SPELTZ, M.C.; OLSON, E.J.; HUNTM L.M.; POOL, R.R.; WILSON, J.H.; CARLSON, C.S. *et al.* Equine intervertebral disk disease: a case report. **J. Equine Vet. Sci.**,v. 26, n. 9, p. 413-419, 2006.

STUBBS,N.C. et al. Dynamic mobilization exercise increase cross sectional area of Musculus Multifídus. **Equine Veterinary Journal**, v. 43, n. 5, p. 522-529, 2011a.

STURION, M. C. T. **Termografia Infravermelha Na Avaliação de Cães Guia em treinamento**. Tese de Doutorado. p. 9, 2019.

TEMPLE,R.S.; STONAKER, H.H.; HOWRY, D.et al. Ultrasonic and conductive methods for estimating fat thickness in live cattle.**Proceedings of the American Society of Animal Production**, n.7, p.477, 1956.

GROSSBARD, Brian P. et al. Medical infrared imaging (thermography) of type I thoracolumbar disk disease in chondrodystrophic dogs. **Veterinary Surgery**, v. 43, n. 7, p. 869-876, 2014.

TUNLEY, B.V.; HENSON, F.M. Reliability and repeatability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse. **Equine Veterinary Journal** v.36, p.306–312, 2004.

TURNER, T. A. et al. Thermographic evaluation of horses with podotrochlosis. **American journal of veterinary research**, v. 44, n. 4, p. 535-539, 1983.

TURNER, T.A. Diagnosis and treatment of back pain in horses. Proceedings of 16th **Italian Association of Equine Veterinarians Congress**, p. 157-160, 2010.

TURNER, Tracy A. Diagnostic thermography. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 17, n. 1, p. 95-114, 2001.

TURNER, Tracy A. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 7, n. 2, p. 311-338, 1991.

UM, Se-Wook et al. Thermographic evaluation for the efficacy of acupuncture on induced chronic arthritis in the dog. **Journal of veterinary medical science**, v. 67, n. 12, p. 1283-1284, 2005.

USAMANTIAGA, R.; VENEGAS,P.; GUEREDIAGA,J.; VEJA,L.; MOLLEDA,J.; BULNES,F.G. Infrared thermography for temperature measurement and non-destructive testing. **Sensors**, v, 14, n. 12, 3305-3348, 2014. DOI: 10.3390/s140712305. Disponível em : <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25014096>>.

VAINIONPAA, M. **Thermographic image in cats and dogs usability as a clinical method**. 2014. University of Helsinki, Finlândia 2014. Disponível em : <<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/45311>>.

VAINIONPÄÄ, Mari et al. Comparison of three thermal cameras with canine hip area thermographic images. **Journal of Veterinary Medical Science**, p. 12-0180, 2012.

VAN HOOGMOED, L.M.; SNYDER, J.R. Use of infrared thermography to detect

VON SCHWEINITZ, Dietrich Graf. Thermographic diagnostics in equine back pain. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 15, n. 1, p. 161-177, 1999.

WALLACE, G.A.; SINGH, N.; QUIROGA,E.;TRAN, N. T. The Use the Smart Phone Thermal Imagin for Assesmente of Peripheral Perfusion In Vascular Patients. **Annals of Vascular Surgery** , v. 47, p. 1570161, 2017. Disponível em : <<http://dx.doi.org/10.1016/j.avsg.2017.07.028>>.

Willians, G.; McKenna, A. **Horse Movement: Structure, Function and Rehabilitation**. 1 ed, The Crowood Press Ltd.,Ramnsbury, p. 88- 139, 2014.

WILLMORE, J.H; COSTILL, D.L. Fisiologia do Esporte e do Exercício. 2ª ed. São Paulo: Ed. Manole,2001: 96-100.

WU, S.S.H. The clinical use of temperature measurement in medical practice: a historical perspective. Em: LEE, M.H.M.; COHEN,J.M. Rehabilitation medicine and thermography. Impress Pubications, 11-14,2007.

ZISOLDOS,R.R. .; T.F, LICKA. The equine neck and is function during movement and locomotion. **Zoology**, v. 118, p. 364-376, 2015.

ZSOLDOS, R. R., LICKA, T. F. , The equine neck end function durong movement and locomotion. **Zoology** (2015), <https://dx.doi.org/10.1016/j.zool.2015.03.005>

O artigo científico 1 será submetido para a revista “Journal of Equine Veterinary Science” e está disponível no site <www.journals.elsevier.com/journal-of-equine-veterinary-science>

CAPÍTULO 2

Trabalho Científico

Avaliação Termográfica da região cervical de equinos atletas em momentos de pré treino e pós exercícios físicos na modalidade hípica de salto

Denise de Oliveira Venturelli; Jean Guilherme Fernandes Joaquim; José Aldo Puccetti Moraes Santos; Stélio Pacca Loureiro Luna; Jéssica Leite Fogaça; Vânia Maria De Vasconcelos Machado

Resumo

Introdução

Material e Método

Resultados

Discussão

Conclusão

Referências

Abstract

The use of thermography has been growing and expanding in several specialties in veterinary medicine, as a complementary method in the diagnosis of inflammatory processes in different animal species, as well as in the early detection of musculoskeletal disorders. Infrared thermography (TIV) is a thermal mapping technique, based on infrared radiation, emitted by the surface of the body, being considered non-invasive and non-ionic. Thus, this study aimed to compare the moments of pre-exercise and post-exercise (40 minutes post-training, 2 hours post-training and 24 hours post-training) of horses in the athletic jumping modality, as well as comparing any thermal differences between the right and left side in the neck region by means of thermography. Twelve Brazilian Equestrian (BH) animals were used, divided into 2 jumping groups with obstacles at heights of 1.00m and 1.40m, which were evaluated by thermography before and after training with 40 minutes, 2h and 24h after sports practice. The results demonstrate that thermography was an excellent tool for identifying areas with greater muscle tension in the cranial, middle and caudal regions of the neck, being highly effective in aiding the early diagnosis of tension of the muscle bundles of the cervical region in athletic horses.

Key words: thermography, ultrasound, equine, equestrian, neck.

1. Introduction

The equine cervical spine is a highly complex structure and is vulnerable to certain diseases [1]. Knowledge of the anatomy and biomechanics of these animals is extremely important, aiming at better conduction and efficiency during the examination of the locomotor system, resulting in a more accurate diagnosis and, consequently, a more effective treatment of diseases related to the cervical spine [2].

The use of thermography has been growing and expanding in several specialties in veterinary medicine, as a complementary method in the diagnosis of inflammatory processes in different species of animals, as well as in the early detection of diseases. It is a non-ionizing and non-invasive tool that captures and records the thermal emission of the skin, capable of showing affections with any type of blood perfusion alteration

such as inflammation, tumors, fibrosis, neuropathies or ischemia, allowing the diagnosis of related problems tendons, ligaments, joints, muscles and bones [3-5].

Infrared thermography (TIV) is a thermal mapping technique, based on infrared radiation emitted by the surface of the body and considered non-invasive. With the evolution of thermographic devices and image processing through available software, the use of this tool should be increasingly leveraged and also used in the early detection of diseases that produce changes in body temperature [6]. The temperature distribution on the body surface of a horse is characterized by the variability of individual characteristics and is influenced by environmental changes and the neck area in horses is usually characterized by a higher temperature than other body surfaces as it has a jugular groove and the vessels are anatomically more superficial. The other areas of the neck are characterized by a more uniform heat distribution, but sometimes, in the upper portion of the neck, just below the mane, it may show lower temperatures, due to the fat layer [7].

It is known that, as in human athletes, in horses used for sports, injuries resulting from sport are quite common, and both can suffer musculoskeletal disorders, as they perform constant and repetitive physical activities [8].

In equine sports medicine, the use of thermography has been applied after high-intensity exercise, as well as to study the thermoregulatory mechanisms during physical activity [9], contributing to the diagnosis of horses with decreased performance sports [10].

When the intensity of the exercises is exacerbated and not performed correctly or even when the riders/amazons do not have adequate technical knowledge or still use inappropriate equipment, the incidence of these disorders increases. [11-12]. The equine athlete is currently ahead of several sports that started to demand greater and better athletic performance due to high competitiveness [13].

Excessive effort can result in several injuries, and locating the exact location of these injuries is not always easy, especially when it can be related to muscle disorders. Thus, pain is not always the result of a primary injury and the large size and amount of muscles in horses do not facilitate an accurate diagnosis [14].

Thermography has been used in veterinary medicine to elucidate soft tissue injuries and superficial bone lesions, being a complementary tool to ultrasound examination and serving as a follow-up during the recovery process, being able to

quantify inflammatory regression and monitor the effectiveness of anti-inflammatory drugs [7].

Thus, this study aimed to compare the moments of pre-exercise and post-exercise (40 minutes post-training, 2 hours post-training and 24 hours post-training) of horses in the athletic sport of jumping, as well as comparing any thermal differences between the right and left side, and between the cranial, middle and caudal regions of the neck, through thermography, aiming at the knowledge of the muscle group and the cervical region most required during this equestrian sport modality.

2. Materials and Methods

This research was approved by the Ethics Committee on the Use of Animals (CEUA) of the Botucatu School of Veterinary Medicine and Animal Science (FMVZ/UNESP) (Protocol No. 0201/2020) and was developed in a private equestrian center in São Paulo State, Brazil.

Twelve horses (9 males and 3 females), with body weight between 420 - 570 kilograms (Kg) and aged between 6 and 18 years, all the race Brasileiro de Hipismo (BH) were selected. All animals were athletes, practitioners of the equestrian sport of jumping and were evaluated by thermography in the right and left cervical region (in the cranial, middle, and caudal regions) at the respective times: pre-exercise and post-exercise: 40 minutes post-training, 2 hours after training and 24 hours after training, all animals were considered healthy and underwent classical equestrian training, under natural conditions of competition.

The criteria for inclusion of animals was based on physical examination of the cervical region, which consisted of palpation, inspection and mobility tests, previously performed to certify the animals' good clinical status.

The inspection was carried out with the animal in quadrupedal support, in which it was possible to observe the animal's attitude and temperament, muscle symmetry, lateral and dorsal view of the cervical spine, body score and conformation.

In the palpation exam, little pressure was applied on the structures, going from the atlanto-occipital joint to the base of the neck in the cervicothoracic region, trying to locate pain, tension and increase in volume.

During mobility tests, through muscle-cutaneous stimulation, we sought to assess tolerance, amplitude and quality of movements performed, which could indicate the presence of pain or not. Among the tests, bilateral active mobilization (back and ventroflexion), left and right unilateral active mobilization (lateral flexion) were performed.

As for the examination in motion, each animal was evaluated while walking and trotting, in a straight line on a flat cement floor.

After the pre-training thermographic examination and 24 h after training and before the pre-training and 24 h post-training ultrasound examination, individually, with the animal in station, a physical examination of the locomotor apparatus was performed to assess changes in posture, conformation, symmetry muscle of both antimeres from the neck to the rump, with palpation of the cervical and thoracolumbar muscles, in order to exclude animals with pain in these regions, as well as a dynamic assessment at trot to exclude animals with lameness.

Thermographic and ultrasonographic evaluations were carried out in the muscles of the superficial layers, considering the depth of reach of the thermographic examination. Thus, the muscles included in the thermographic and ultrasonographic evaluation were mm. Ventral straight of the head, mm. Trapeze, mm. Rhomboid, mm. Serratus Ventral Cervical, mm. Splenium, mm. Brachiocephalic, mm. Omotransverse and mm. Sternocephalic.

The thermographic examination was performed in the pre-training times, 40 minutes after training, 2 hours after training and 24 hours after training. For the pre-training examination, the animal was evaluated 1 hour after feeding, cleaning the hair with rubber slicker in a superficial way, the tying of the mane, avoiding its contact with the dorsal surface of the neck. For 40 minutes and 2 hours after training, the horses only drank water after training, the material (saddle, blanket and bridle) were removed, the mane was tied again and returned to the stall, where they were tied until the time of performance. of the images. Within 24 hours after training, the animals followed the same pre-training prerequisites, being re-evaluated after the thermographic and ultrasonographic examination, with all physical evaluations being repeated to verify the onset of pain, reluctance to move and/or increased muscle volume in the cervical region.

The equipment used was a Flir brand thermograph, model E53, EXX series, with a resolution of 240×180 and more than 43,200 temperature measurement

points. The thermographic images were later analyzed by FLIR TOOLS software (<https://www.flir.com.br/products/flir-tools>).

To acquire the images, the camera was positioned perpendicular to each region evaluated and at two meters from each animal (2m) (**Fig. 1**), and all animals were calm, dry and clean during the thermography measurement. The measurement was carried out in a standard masonry cubicle, measuring 4m x 4m and 6 m in height, shaded and airy, with the floor covered with sawdust.

Fig. 1. The left distance of 2 meters and the animal and the correct parallelism between the camera and the animal on the right.

All thermographic images were taken in the lateral view on both sides of the neck, with manual calibration (**Fig. 2**), emissivity of 0.98 and in the Rainbow High Contrast palette.

Fig. 2. Illustration of the lateral neck thermal images taken in one of the animals during the study.

The animals were divided into two groups of 6 animals, group 1 (N1, N2, N3, N4, N5 and N6), selected to jump 1 meter high obstacles, and group 2 (N7, N8, N9, N10, N11 and N12), selected to jump 1.40 meter high obstacles

For both groups, training took place on a quartz and bidin sand track, with Olympic footage (40m x 60m), with the same set course for both heights, containing 12 obstacles, 487 meters and a speed of 350m/minute. The rider was the same for all animals, weighing 78 kg, 1.86 in height. The warm-up time, the degree of difficulty and the number of obstacles were standardized, with a total of 35 minutes of exercise, being ten minutes at a pace, ten minutes at a trot, five minutes at a gallop with a total of six isolated preparatory jumps. The training consisted of a single passage through the track, totaling 18 obstacles lasting about a minute and a half, ending with 5 minutes per step. All animals jumped with Antares® saddle, on a cloth blanket and gel skin, with a Neco® bit (**Fig. 3**)

Fig. 3. Sketch demonstrating the training track for group 1 and group 2.

The training took place in a total period of 1 month (between 02/22 and 03/23/2021), following the same time for the training (from 7:30 am to 12:00 pm), with temperature marking environment and relative air humidity, at all times of thermal imaging evaluation, through the TERMOMETER ++ application by Viachaslau Tysianchuuk, version 5.1 (apps.apple.com).

For statistical analysis, the Mann-Whitney test was applied to compare the different times using the GraphPad Prism 5 software. All hypothesis tests developed in this work considered a significance of 5%, that is, the null hypothesis was rejected when the value of p was less than or equal to 0.05. Therefore, H0: the sample distributions are equal or rejected, and H1: conclude that the samples have significantly different distributions.

3. Results

Table 1 illustrates the mean, median and standard deviation of the thermography performed in the respective regions of the neck (cranial, middle and caudal) in horses, followed by the Mann-Whitney test to compare the following assessments: pre-training and 40 minutes; 2 hours and 24 hours post workout.

Table 1

Mann-Whitney test to compare thermography at different evaluation times: Pre-training and 40 minutes post-training, 2h after training and 24h post-training, in the cranial, middle and cervical regions.

Differences after training	Right		Left		Right		Left	
	Pre workout	40 min post workout	Pre workout	40 min post workout	2 h after training	24 h post training	2 h after training	24 h post training
Cranial	34.80	35.90	34.50	36.20	36.10	35.40	35.90	34.60
Medium	34.50	36.00	34.00	36.50	35.70	35.60	35.50	35.00
Flow	35.10	37.00	35.00	37.20	36.10	35.30	35.80	35.50
Cranial	35.00	35.30	34.80	36.20	35.30	33.70	35.80	33.40
Medium	34.20	36.00	34.60	36.30	36.00	32.90	36.10	32.70
Flow	34.30	36.30	34.80	37.00	36.40	33.50	36.90	33.90
Cranial	33.80	37.10	34.30	36.70	36.50	34.00	36.50	34.50
Medium	33.90	37.30	34.90	37.20	36.60	33.80	37.30	34.00
Flow	34.00	37.40	34.80	37.40	37.00	33.80	37.20	33.50
Cranial	34.80	35.50	34.50	35.50	35.00	34.80	35.10	34.70
Medium	34.90	35.70	35.10	36.20	35.20	34.80	35.80	34.60
Flow	36.00	36.20	35.30	37.20	35.40	35.30	36.30	35.00
Cranial	35.60	36.50	35.00	36.20	36.00	34.80	35.30	34.90
Medium	35.50	36.70	35.00	36.30	36.20	34.70	35.50	34.30
Flow	35.80	37.40	37.70	36.60	36.60	34.70	36.10	35.00
Cranial	33.30	35.20	33.70	34.20	35.10	33.50	35.30	33.00
Medium	33.00	35.40	32.90	35.70	34.90	32.00	35.10	33.20
Flow	33.00	37.00	33.80	37.10	36.10	33.60	36.40	33.80

Cranial	34.30	35.60	34.30	35.60	35.20	33.70	35.80	34.00
Medium	33.50	36.40	34.00	35.70	35.10	32.20	35.10	33.50
Flow	34.80	37.20	34.30	36.00	35.20	34.10	35.70	35.00
Cranial	34.30	35.70	33.60	35.60	35.40	33.80	35.20	33.90
Medium	33.20	36.10	33.90	36.00	35.00	33.50	34.30	34.10
Flow	34.40	36.70	34.10	36.70	36.10	33.90	35.30	34.20
Cranial	33.60	34.50	34.00	34.70	33.80	34.70	34.40	34.40
Medium	33.00	34.70	33.00	34.80	34.40	34.00	34.60	33.80
Flow	33.00	35.20	34.10	35.80	34.60	34.50	34.30	34.80
Cranial	35.00	36.20	34.80	35.90	35.40	34.90	35.10	34.70
Medium	34.20	36.20	35.30	35.80	35.00	34.10	35.40	33.70
Flow	34.40	36.70	35.00	36.60	35.50	34.60	35.80	35.20
Cranial	34.20	35.00	34.40	37.80	35.70	34.00	36.90	34.30
Medium	34.20	35.90	34.70	35.90	35.70	33.70	35.40	34.40
Flow	35.20	36.90	35.10	36.80	36.30	34.90	35.90	34.20
Cranial	33.40	36.00	33.20	35.50	34.60	33.40	35.00	33.20
Medium	33.40	36.00	33.70	35.90	34.80	34.40	34.80	33.70
Flow	33.80	36.50	34.50	36.70	35.00	33.70	35.10	34.40
Average	34.26	36.15	34.46	36.21	35.53	34.12	35.61	34.20
median	34.25	36.15	34.50	36.20	35.40	34.00	35.50	34.25
Standard deviation	0.83	0.76	0.83	0.77	0.71	0.81	0.76	0.66
P.value	p<0.0001		p<0.0001		p<0.0001		p<0.0001	

Through **Table 1**, it was possible to verify a statistically significant difference when comparing the pre-training moment and 40 minutes post-training ($p<0.0001$), both on the right and on the left side of the neck region, with 40 minutes post-training there was an increase in temperature.

A significant difference was also found between the evaluations 2 hours and 24 hours after training, both on the right and on the left side of the neck regions, and in 2 hours there was a higher temperature, verified by thermography, which decreased after 24 hours.

Table 2 illustrates the mean, median and standard deviation for comparison (Mann-Whitney test) between the right and left sides in the cranial, middle and caudal aspects, at the following times: pre-training, 40 minutes post-training, 2 hours post-training and 24 hours post training.

Table 2

Mann-Whitney test to compare the right and left sides in the cranial, middle and caudal aspects, in the following times: pre-training, 40 min post-training, 2 hours post-training and 24 hours post-training.

Thermography (Right vs Left)	Pre workout		40 min post training		2h post training		24h post training	
	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
Antimers								
Cranial	34.8	34.5	35.9	36.2	36.1	35.9	35.4	34.6
Cranial	35.0	34.8	35.3	36.2	35.3	35.8	33.7	33.4
Cranial	33.8	34.3	37.1	36.7	36.5	36.5	34.0	34.5
Cranial	34.8	34.5	35.5	35.5	35.0	35.1	34.8	34.7
Cranial	35.6	35.0	36.5	36.2	36.0	35.3	34.8	34.9
Cranial	33.3	33.7	35.2	34.2	35.1	35.3	33.5	33.0
Cranial	34.3	34.3	35.6	35.6	35.2	35.8	33.7	34.0

Cranial	34.3	33.6	35.7	35.6	35.4	35.2	33.8	33.9
Cranial	33.6	34.0	34.5	34.7	33.8	34.4	34.7	34.4
Cranial	35.0	34.8	36.2	35.9	35.4	35.1	34.9	34.7
Cranial	34.2	34.4	35.0	37.8	35.7	36.9	34.0	34.3
Cranial	33.4	33.2	36.0	35.5	34.6	35.0	33.4	33.2
Average	43.3	34.49	36.14	36.2	35.56	35.65	34.12	34.21
Median	34.3	34.5	36.15	36.2	35.45	35.6	34.0	34.25
Standard deviation	52.43	0.84	0.78	0.79	0.71	0.76	0.83	0.67
Q. Value	P>0.8617		P>0.6637		P>0.8169		P>0.7067	
Thermography (Right vs Left)	Pre workout		40 min post training		2h post training		24h post training	
Antimers	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
Medium	34.5	34	36.0	36.5	35.7	35.5	35.6	35
Medium	34.2	34.6	36.0	36.3	36.0	36.1	32.9	32.7
Medium	33.9	34.9	37.3	37.2	36.6	37.3	33.8	34.0
Medium	34.9	35.1	35.7	36.2	35.2	35.8	34.8	34.6
Medium	35.5	35.0	36.7	36.3	36.2	35.5	34.7	34.3
Medium	33.0	32.9	35.4	35.7	34.9	35.1	32.0	33.2
Medium	33.5	34	36.4	35.7	35.1	35.1	32.2	33.5
Medium	33.2	33.9	36.1	36.0	35.0	34.3	33.5	34.1
Medium	33.0	33.0	34.7	34.8	34.4	34.6	34.0	33.8
Medium	34.2	35.3	36.2	35.8	35.0	35.4	34.1	33.7
Medium	34.2	34.7	35.9	35.9	35.7	35.4	33.7	34.4
Medium	33.4	33.7	36	35.9	34.8	34.8	34.4	33.7
Average	43.26	34.46	36.15	36.19	35.53	35.62	34.09	34.18
Median	34.3	34.45	36.15	36.2	35.4	35.5	34.0	34.2
Standard deviation	52.43	0.85	0.78	0.79	0.72	0.77	0.8	0.68
Q. Value	P>0.4015		P>0.8848		P>1,000		P>0.9539	
Thermography (Right vs Left)	Pre workout		40 min post training		2h post training		24h post training	
Antimers	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
Flow	35.1	35.0	37.0	37.2	36.1	35.8	35.3	35.5
Flow	34.3	34.8	36.3	37.0	36.4	36.9	33.5	33.9
Flow	34.0	34.8	37.4	37.4	37.0	37.2	33.8	33.5
Flow	36.0	35.3	36.2	37.2	35.4	36.3	35.3	35.0
Flow	35.8	37.7	37.4	36.6	36.6	36.1	34.7	35.0
Flow	33.0	33.8	37.0	37.1	36.1	36.4	33.6	33.8
Flow	34.8	34.3	37.2	36.0	35.2	35.7	34.1	35.0
Flow	34.4	34.1	36.7	36.7	36.1	35.3	33.9	34.2
Flow	33.0	34.1	35.2	35.8	34.6	34.3	34.5	34.8
Flow	34.4	35.0	36.7	36.6	35.5	35.8	34.6	35.2
Flow	35.2	35.1	36.9	36.8	36.3	35.9	34.9	34.2
Flow	33.8	34.5	36.5	36.7	35.0	35.1	33.7	34.4
Average	34.48	34.48	36.16	36.2	35.51	35.61	34.04	34.16
Median	34.4	34.5	36.2	36.2	35.4	35.5	34	34.2
Dev. Pattern	0.961848	0.831207637	0.7597314	0.7742277	0.7073032	0.7591296	0.7433845	0.648111883
Q. Value	P>0.5246		P>0.9769		P>1,000		P>0.3861	

Through **Table 2**, it was possible to verify that there was no statistically significant difference in the comparison between the right and left sides at different times (pre-training, 40 minutes post-training, 2 hours post-training and 24 hours post-training) in the cranial regions, medium and caudal of the necks.

Table 3 illustrates mean and standard deviation, followed by p. value of the Mann-Whitney test for comparison between the regions of the necks: cranial, middle

and caudal, in the respective times: pre-training, 40 min post-training, 2 hours post-training and 24 hours post-training.

Table 3

Differences between the cranial, middle and caudal regions of the horse's necks evaluated by thermography

Differences between neck regions					
P.value (right + left side)		Pre workout	40 min post training	2h post training	24h post training
Cranial vs medium		P>0.3636	P>0.1091	P>0.6346	P>0.219
Cranial vs flow		P>0.0641	P< 0.0001	P<0.0325	P>0.183
Medium vs flow		P<0.0226	P< 0.0001	P<0.0157	P<0.0207
Cranial	Average and std. For.	34.30±0.62	35.78±0.80	35.43±0.69	34.18±0.63
Medium	Average and std. For.	34.11±0.79	36.03±0.59	35.40±0.70	33.86±0.85
Flow	Average and std. For.	47.43±62.32	36.73±0.53	35.88±0.73	34.43±0.63

It was possible to verify that there was a statistically significant difference between the neck regions, and in the pre-training there was a difference between the middle and caudal region ($p<0.0226$), where the caudal region had higher values (**Table 3**).

In the evaluation 40 minutes after training, a significant difference was found between the cranial and caudal regions ($p<0.0001$) and between the middle and caudal regions, with the caudal part showing higher values.

Regarding the comparison of regions: cranial, middle, and caudal at the time of 2 and 24 hours, no statistical significance was found.

Table 4 illustrates the mean, median and standard deviation of thermography evaluations at different times: pre-training, 40 min post-training, 2 hours post-training and 24 hours in horses with obstacles of 1 meter (Group 1) and 1.40 meters (Group 2), followed by the p-value of the Mann-Whitney test for comparison between the two groups.

Table 4

Thermography at different times: pre-training, 40 min post-training, 2 hours post-training and 24 hours in horses with obstacles of 1 meter (Group 1) and 1.40 meters (Group 2), followed by the p.value of Mann-Whitney test for comparison between groups.

Height	Training track							
	Footage	Speed	40 min post training		2h post training		24h post training	
1.00 m	487 m	350 m/min						
Thermography	Pre workout		Right	Left	Right	Left	Right	Left
Antimers	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
Cranial	34.80	34.50	35.90	36.20	36.10	35.90	35.40	34.60

Medium	34.50	34.00	36.00	36.50	35.70	35.50	35.60	35.00
Flow	35.10	35.00	37.00	37.20	36.10	35.80	35.30	35.50
Cranial	35.00	34.80	35.30	36.20	35.30	35.80	33.70	33.40
Medium	34.20	34.60	36.00	36.30	36.00	36.10	32.90	32.70
Flow	34.30	34.80	36.30	37.00	36.40	36.90	33.50	33.90
Cranial	33.80	34.30	37.10	36.70	36.50	36.50	34.00	34.50
Medium	33.90	34.90	37.30	37.20	36.60	37.30	33.80	34.00
Flow	34.00	34.80	37.40	37.40	37.00	37.20	33.80	33.50
Cranial	34.80	34.50	35.50	35.50	35.00	35.10	34.80	34.70
Medium	34.90	35.10	35.70	36.20	35.20	35.80	34.80	34.60
Flow	36.00	35.30	36.20	37.20	35.40	36.30	35.30	35.00
Cranial	35.60	35.00	36.50	36.20	36.00	35.30	34.80	34.90
Medium	35.50	35.00	36.70	36.30	36.20	35.50	34.70	34.30
Flow	35.80	37.70	37.40	36.60	36.60	36.10	34.70	35.00
Cranial	33.30	33.70	35.20	34.20	35.10	35.30	33.50	33.00
Flow	33.00	32.90	35.40	35.70	34.90	35.10	32.00	33.20
Flow	33.00	33.80	37.00	37.10	36.10	36.40	33.60	33.80
Average	34.53	34.71	36.33	36.43	35.90	35.99	34.23	34.20
Median	34.65	34.80	36.25	36.40	36.05	35.85	34.35	34.40
Dev. For	0.92	0.96	0.75	0.78	0.62	0.67	0.97	0.80

Height	Footage	Speed							
1.40 m	487 m	350 m/min							
Thermography	Pre workout		40 min post training		2h post training		24h post training		
	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	
Antimers	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	
Cranial	34.30	34.30	35.60	35.60	35.20	35.80	33.70	34.00	
Medium	33.50	34.00	36.40	35.70	35.10	35.10	32.20	33.50	
Flow	34.80	34.30	37.20	36.00	35.20	35.70	34.10	35.00	
Cranial	34.30	33.60	35.70	35.60	35.40	35.20	33.80	33.90	
Medium	33.20	33.90	36.10	36.00	35.00	34.30	33.50	34.10	
Flow	34.40	34.10	36.70	36.70	36.10	35.30	33.90	34.20	
Cranial	33.60	34.00	34.50	34.70	33.80	34.40	34.70	34.40	
Medium	33.00	33.00	34.70	34.80	34.40	34.60	34.00	33.80	
Flow	33.00	34.10	35.20	35.80	34.60	34.30	34.50	34.80	
Cranial	35.00	34.80	36.20	35.90	35.40	35.10	34.90	34.70	
Medium	34.20	35.30	36.20	35.80	35.00	35.40	34.10	33.70	
Flow	34.40	35.00	36.70	36.60	35.50	35.80	34.60	35.20	
Cranial	34.20	34.40	35.00	37.80	35.70	36.90	34.00	34.30	
Medium	34.20	34.70	35.90	35.90	35.70	35.40	33.70	34.40	
Flow	35.20	35.10	36.90	36.80	36.30	35.90	34.90	34.20	
Cranial	33.40	33.20	36.00	35.50	34.60	35.00	33.40	33.20	
Medium	33.40	33.70	36.00	35.90	34.80	34.80	34.40	33.70	
Flow	33.80	34.50	36.50	36.70	35.00	35.10	33.70	34.40	
Average	33.99	34.22	35.97	35.99	35.16	35.23	34.01	34.19	
Median	34.20	34.20	36.05	35.90	35.15	35.15	34.00	34.20	
Dev. For	0.66462924	0.625493269	0.749749413	0.732352285	0.607039317	0.654222085	0.644864073	0.524092742	

**Comparison: 1
meter vs 1.40
meter**

Thermography	Pre workout		40 min post training		2h post training		24h post training	
Side	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
For. Value	P>0.0813	P>0.0758	P>0.2347	P<0.0338	P<0.0029	P<0.0016	P>0.4468	P>0.8122
Pre workout	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 5	Animal 6		
	34.8	35	33.8	34.8	35.6	33.3		
	34.5	34.2	33.9	34.9	35.5	33		
	35.1	34.3	34	36	35.8	33		
	34.5	34.8	34.3	34.5	35	33.7		
	34	34.6	34.9	35.1	35	32.9		
	35	34.8	34.8	35.3	37.7	33.8		
Average	34.65	34.62	34.28	35.10	35.77	33.28		
Median	34.65	34.70	34.15	35.00	35.55	33.15		
Deviation p.	0.40	0.31	0.47	0.52	1.00	0.39		
Q. Value	P<0.0001							

40 min post training	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 5	Animal 6
	35.9	35.3	37.1	35.5	36.5	35.2
	36	36	37.3	35.7	36.7	35.4
	37	36.3	37.4	36.2	37.4	37
	36.2	36.2	36.7	35.5	36.2	34.2
	36.5	36.3	37.2	36.2	36.3	35.7
	37.2	37	37.4	37.2	36.6	37.1
Average	36.47	36.18	37.18	36.05	36.62	35.77
Median	36.35	36.25	37.25	35.95	36.55	35.55
Deviation p.	0.54	0.55	0.26	0.65	0.43	1.11
Q. Value	P<0.0139					
2h post training	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 5	Animal 6
	36.1	35.3	36.5	35	36	35.1
	35.7	36	36.6	35.2	36.2	34.9
	36.1	36.4	37	35.4	36.6	36.1
	35.9	35.8	36.5	35.1	35.3	35.3
	35.5	36.1	37.3	35.8	35.5	35.1
	35.8	36.9	37.2	36.3	36.1	36.4
Average	35.85	36.08	36.85	35.47	35.95	35.48
Median	35.85	36.05	36.80	35.30	36.05	35.20
Deviation p.	0.23	0.54	0.36	0.50	0.48	0.61
Q. Value	P<0.0033					
24h post training	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 5	Animal 6
	35.4	33.7	34	34.8	34.8	33.5
	35.6	32.9	33.8	34.8	34.7	32
	35.3	33.5	33.8	35.3	34.7	33.6
	34.6	33.4	34.5	34.7	34.9	33
	35	32.7	34	34.6	34.3	33.2
	35.5	33.9	33.5	35	35	33.8
Average	35.23	33.35	33.93	34.87	34.73	33.18
Median	35.35	33.45	33.90	34.80	34.75	33.35
Deviation p.	0.37	0.46	0.33	0.25	0.24	0.65
Q. Value	P< 0.0001					

Through **Table 4** it was possible to observe that there was a significant difference in horses with obstacles of 1 meter and 1.40 meters, 40 minutes after training on the left side ($p<0.0338$), being that 1-meter horses had higher values.

After 2 hours of training, there was a significant difference in horses with obstacles of 1 meter and 1.40 meters, both on the right ($p<0.0029$) and on the left ($p<0.0016$), and the values were higher for 1-meter horses.

As for the pre-training and 24-hour post-training evaluation, there was no statistical significance.

Table 5 illustrates the mean, median and standard deviation (right + left side), followed by the Kruskal-Wallis test for comparison between animals in group 1 (1 meter obstacle), at different times: 40 min post training, 2 hours post workout and 24 hours.

Table 5

Comparative analysis between animals in the 1m jump group, at different times of pre and post training, followed by p. descriptive value and analysis: mean, median and standard deviation.

Pre workout	Animal 7	Animal 8	Animal 9	Animal 10	Animal 11	Animal 12
	34.30	34.30	33.60	35.00	34.20	33.40
	33.50	33.20	33.00	34.20	34.20	33.40
	34.80	34.40	33.00	34.40	35.20	33.80
	34.30	33.60	34.00	34.80	34.40	33.20
	34.00	33.90	33.00	35.30	34.70	33.70
	34.30	34.10	34.10	35.00	35.10	34.50
Average	34.20	33.92	33.45	34.78	34.63	33.67
median	34.30	34.00	33.30	34.90	34.55	33.55
Deviation P.	0.43	0.45	0.52	0.41	0.44	0.46
Q. Value						p<0.0012
40 min post training	Animal 7	Animal 8	Animal 9	Animal 10	Animal 11	Animal 12
	35.60	35.70	34.50	36.20	35.00	36.00
	36.40	36.10	34.70	36.20	35.90	36.00
	37.20	36.70	35.20	36.70	36.90	36.50
	35.60	35.60	34.70	35.90	37.80	35.50
	35.70	36.00	34.80	35.80	35.90	35.90
	36.00	36.70	35.80	36.60	36.80	36.70
Average	36.08	36.13	34.95	36.23	36.38	36.10
median	35.85	36.05	34.75	36.20	36.35	36.00
Deviation P.	0.63	0.48	0.48	0.36	0.98	0.43
Q. Value						p<0.0242
2h post training	Animal 7	Animal 8	Animal 9	Animal 10	Animal 11	Animal 12
	35.20	35.40	33.80	35.40	35.70	34.60
	35.10	35.00	34.40	35.00	35.70	34.80
	35.20	36.10	34.60	35.50	36.30	35.00
	35.80	35.20	34.40	35.10	36.90	35.00
	35.10	34.30	34.60	35.40	35.40	34.80
	35.70	35.30	34.30	35.80	35.90	35.10
Average	35.35	35.22	34.35	35.37	35.98	34.88
median	35.20	35.25	34.40	35.40	35.80	34.90
Deviation P.	0.31	0.58	0.29	0.29	0.54	0.18
Q. Value						p<0.0002
24h post training	Animal 7	Animal 8	Animal 9	Animal 10	Animal 11	Animal 12
	33.7	33.8	34.4	34.9	34	33.4
	32.2	33.5	34.6	34.1	33.7	34.4
	34.1	33.9	34.3	34.6	34.9	33.7
	34	33.9	34.4	34.7	34.3	33.2
	33.5	34.1	33.8	33.7	34.4	33.7
	35	34.2	34.8	35.2	34.2	34.4
Average	33.75	33.90	34.38	34.53	34.25	33.80
median	33.85	33.90	34.40	34.65	34.25	33.70
Deviation P.	0.92	0.24	0.34	0.55	0.40	0.50
Q. Value						p>0.0702

Through Table 5, the animals submitted to exercises with obstacles of 1 meter and submitted to the thermography exam, presented a significant difference, and animal 5 presented higher values in the pre-training. After 40 minutes and 2 hours after

training, animal 3 showed higher values. However, after 24 hours of training, animal 1 presented higher values.

Table 6

Comparative analysis between the animals in the jump group of group 2, of 1.40m, in the different times of pre and post training, followed by p. descriptive value and analysis: mean, median and standard deviation.

Pre workout	Animal 7	Animal 8	Animal 9	Animal 10	Animal 11	Animal 12
	34.30	34.30	33.60	35.00	34.20	33.40
	33.50	33.20	33.00	34.20	34.20	33.40
	34.80	34.40	33.00	34.40	35.20	33.80
	34.30	33.60	34.00	34.80	34.40	33.20
	34.00	33.90	33.00	35.30	34.70	33.70
	34.30	34.10	34.10	35.00	35.10	34.50
Average	34.20	33.92	33.45	34.78	34.63	33.67
Median	34.30	34.00	33.30	34.90	34.55	33.55
Deviation p.	0.43	0.45	0.52	0.41	0.44	0.46
Q. Value						P<0.0012
40 min post training	Animal 7	Animal 8	Animal 9	Animal 10	Animal 11	Animal 12
	35.60	35.70	34.50	36.20	35.00	36.00
	36.40	36.10	34.70	36.20	35.90	36.00
	37.20	36.70	35.20	36.70	36.90	36.50
	35.60	35.60	34.70	35.90	37.80	35.50
	35.70	36.00	34.80	35.80	35.90	35.90
	36.00	36.70	35.80	36.60	36.80	36.70
Average	36.08	36.13	34.95	36.23	36.38	36.10
Median	35.85	36.05	34.75	36.20	36.35	36.00
Deviation p.	0.63	0.48	0.48	0.36	0.98	0.43
Q. Value						P<0.0242
2h post training	Animal 7	Animal 8	Animal 9	Animal 10	Animal 11	Animal 12
	35.20	35.40	33.80	35.40	35.70	34.60
	35.10	35.00	34.40	35.00	35.70	34.80
	35.20	36.10	34.60	35.50	36.30	35.00
	35.80	35.20	34.40	35.10	36.90	35.00
	35.10	34.30	34.60	35.40	35.40	34.80
	35.70	35.30	34.30	35.80	35.90	35.10
Average	35.35	35.22	34.35	35.37	35.98	34.88
Median	35.20	35.25	34.40	35.40	35.80	34.90
Deviation p.	0.31	0.58	0.29	0.29	0.54	0.18
Q. Value						P<0.0002
24h post training	Animal 7	Animal 8	Animal 9	Animal 10	Animal 11	Animal 12
	33.7	33.8	34.4	34.9	34	33.4
	32.2	33.5	34.6	34.1	33.7	34.4
	34.1	33.9	34.3	34.6	34.9	33.7
	34	33.9	34.4	34.7	34.3	33.2
	33.5	34.1	33.8	33.7	34.4	33.7
	35	34.2	34.8	35.2	34.2	34.4
Average	33.75	33.90	34.38	34.53	34.25	33.80
Median	33.85	33.90	34.40	34.65	34.25	33.70
Deviation p.	0.92	0.24	0.34	0.55	0.40	0.50
Q. Value						P>0.0702

Table 6 illustrates the mean, median and standard deviation (right + left side), followed by the Kruskal-Wallis test for comparison between animals in group 2 (1.40 meter obstacle), at different times: 40 min post training , 2 hours post training and 24 hours.

Table 6 illustrates the animals submitted to exercises with obstacles of 1.40 meters and submitted to thermography, where it was possible to observe a significant difference, with animal 10 showing higher values in pre-training and after 40 minutes of training there was a significant difference, animal 11 had higher values. It was possible to observe that after 2 hours of training, animal 11 presented higher values. While, after 24 hours, animal 4 presented higher values.

Table 7 illustrates the mean, median and standard deviation of the thermography performed in the respective regions of the neck (cranial, middle and caudal) in horses, followed by the Mann-Whitney test for comparison between the following assessments: pre-training and 2 hours.

Table 7

Mann-Whitney test to compare thermography at different evaluation times: Pre-training and 2 hours post-training.

Differences after training	Right		Left	
	Pre workout	2 h after training	Pre workout	2 h after training
Cranial	34.80	36.10	34.50	35.90
Medium	34.50	35.70	34.00	35.50
Flow	35.10	36.10	35.00	35.80
Cranial	35.00	35.30	34.80	35.80
Medium	34.20	36.00	34.60	36.10
Flow	34.30	36.40	34.80	36.90
Cranial	33.80	36.50	34.30	36.50
Medium	33.90	36.60	34.90	37.30
Flow	34.00	37.00	34.80	37.20
Cranial	34.80	35.00	34.50	35.10
Medium	34.90	35.20	35.10	35.80
Flow	36.00	35.40	35.30	36.30
Cranial	35.60	36.00	35.00	35.30
Medium	35.50	36.20	35.00	35.50
Flow	35.80	36.60	37.70	36.10
Cranial	33.30	35.10	33.70	35.30
Medium	33.00	34.90	32.90	35.10
Flow	33.00	36.10	33.80	36.40
Cranial	34.30	35.20	34.30	35.80
Medium	33.50	35.10	34.00	35.10
Flow	34.80	35.20	34.30	35.70
Cranial	34.30	35.40	33.60	35.20
Medium	33.20	35.00	33.90	34.30
Flow	34.40	36.10	34.10	35.30
Cranial	33.60	33.80	34.00	34.40
Medium	33.00	34.40	33.00	34.60
Flow	33.00	34.60	34.10	34.30
Cranial	35.00	35.40	34.80	35.10
Medium	34.20	35.00	35.30	35.40

Flow	34.40	35.50	35.00	35.80
Cranial	34.20	35.70	34.40	36.90
Medium	34.20	35.70	34.70	35.40
Flow	35.20	36.30	35.10	35.90
Cranial	33.40	34.60	33.20	35.00
Medium	33.40	34.80	33.70	34.80
Flow	33.80	35.00	34.50	35.10
Average	34.26	35.53	34.46	35.61
Median	34.25	35.40	34.50	35.50
Standard deviation	0.83	0.71	0.84	0.76
P-value	P<0.0001		P<0.0001	

Through **Table 7** it was possible to observe a significant difference between pre-training and 2 hours after training, both on the right and on the left, and in 2 hours after training there was an increase in temperature assessed by thermography.

Table 8 illustrates the mean, median and standard deviation of thermography in the respective regions of the neck (cranial, middle and caudal) in horses, followed by the Mann-Whitney test for comparison between the evaluations: pre-training and 24 hours.

Table 8
Mann-Whitney test to compare thermography at different evaluation times: Pre-training and 24 hours post-training.

Differences after training	Right		Left	
	Pre workout	24 h post training	Pre workout	24 h post training
Cranial	34.80	35.40	34.50	34.60
Medium	34.50	35.60	34.00	35.00
Flow	35.10	35.30	35.00	35.50
Cranial	35.00	33.70	34.80	33.40
Medium	34.20	32.90	34.60	32.70
Flow	34.30	33.50	34.80	33.90
Cranial	33.80	34.00	34.30	34.50
Medium	33.90	33.80	34.90	34.00
Flow	34.00	33.80	34.80	33.50
Cranial	34.80	34.80	34.50	34.70
Medium	34.90	34.80	35.10	34.60
Flow	36.00	35.30	35.30	35.00
Cranial	35.60	34.80	35.00	34.90
Medium	35.50	34.70	35.00	34.30
Flow	35.80	34.70	37.70	35.00
Cranial	33.30	33.50	33.70	33.00
Medium	33.00	32.00	32.90	33.20
Flow	33.00	33.60	33.80	33.80
Cranial	34.30	33.70	34.30	34.00
Medium	33.50	32.20	34.00	33.50
Flow	34.80	34.10	34.30	35.00
Cranial	34.30	33.80	33.60	33.90
Medium	33.20	33.50	33.90	34.10
Flow	34.40	33.90	34.10	34.20
Cranial	33.60	34.70	34.00	34.40
Medium	33.00	34.00	33.00	33.80
Flow	33.00	34.50	34.10	34.80
Cranial	35.00	34.90	34.80	34.70
Medium	34.20	34.10	35.30	33.70
Flow	34.40	34.60	35.00	35.20

Cranial	34.20	34.00	34.40	34.30
Medium	34.20	33.70	34.70	34.40
Flow	35.20	34.90	35.10	34.20
Cranial	33.40	33.40	33.20	33.20
Medium	33.40	34.40	33.70	33.70
Flow	33.80	33.70	34.50	34.40
Average	34.26	34.12	34.46	34.20
Median	34.25	34.00	34.50	34.25
Standard deviation	0.83	0.82	0.84	0.67
P-value		P>0.5807		P>0.1705

It was possible to verify that there was no statistical significance in the comparison of pre-training and 24 hours after training, both on the right and left sides (Table 8).

Table 9 illustrates the mean, median and standard deviation of the thermography performed in the respective regions of the neck (cranial, middle and caudal) in horses, followed by the Mann-Whitney test for comparison between trainings (40 minutes and 2 hours after training).

Table 9
Mann-Whitney test to compare thermography at different evaluation times: 40 minutes after training and 2 hours after training.

Differences after training	Right		Left	
	40 min post workout	2 h after training	40 min post workout	2 h after training
Cranial	35.90	36.10	36.20	35.90
Medium	36.00	35.70	36.50	35.50
Flow	37.00	36.10	37.20	35.80
Cranial	35.30	35.30	36.20	35.80
Medium	36.00	36.00	36.30	36.10
Flow	36.30	36.40	37.00	36.90
Cranial	37.10	36.50	36.70	36.50
Medium	37.30	36.60	37.20	37.30
Flow	37.40	37.00	37.40	37.20
Cranial	35.50	35.00	35.50	35.10
Medium	35.70	35.20	36.20	35.80
Flow	36.20	35.40	37.20	36.30
Cranial	36.50	36.00	36.20	35.30
Medium	36.70	36.20	36.30	35.50
Flow	37.40	36.60	36.60	36.10
Cranial	35.20	35.10	34.20	35.30
Medium	35.40	34.90	35.70	35.10
Flow	37.00	36.10	37.10	36.40
Cranial	35.60	35.20	35.60	35.80
Medium	36.40	35.10	35.70	35.10
Flow	37.20	35.20	36.00	35.70
Cranial	35.70	35.40	35.60	35.20
Medium	36.10	35.00	36.00	34.30
Flow	36.70	36.10	36.70	35.30
Cranial	34.50	33.80	34.70	34.40
Medium	34.70	34.40	34.80	34.60
Flow	35.20	34.60	35.80	34.30
Cranial	36.20	35.40	35.90	35.10
Medium	36.20	35.00	35.80	35.40
Flow	36.70	35.50	36.60	35.80
Cranial	35.00	35.70	37.80	36.90

Medium	35.90	35.70	35.90	35.40
Flow	36.90	36.30	36.80	35.90
Cranial	36.00	34.60	35.50	35.00
Medium	36.00	34.80	35.90	34.80
Flow	36.50	35.00	36.70	35.10
Average	36.15	35.53	36.21	35.61
Median	36.15	35.40	36.20	35.50
Standard deviation	0.76	0.71	0.78	0.76
P-value	P<0.0014		P<0.0010	

A statistically significant difference was found both on the right ($p<0.0014$) and on the left ($p<0.0010$), in the comparison between the times of 40 minutes and 2 hours after training (**Table 9**), in 40 minutes the temperature was higher.

Table 10 illustrates the mean, median and standard deviation of the thermography performed in the respective regions of the neck (cranial, middle and caudal) in horses, followed by the Mann-Whitney test for comparison between the times of 40 minutes and 24 hours.

Table 10

Mann-Whitney test to compare thermography at different evaluation times: 40 minutes, post-training and 24 hours post-training.

Differences after training	Right		Left	
	40 min post workout	24 h post training	40 min post workout	24 h post training
Cranial	35.90	35.40	36.20	34.60
Medium	36.00	35.60	36.50	35.00
Flow	37.00	35.30	37.20	35.50
Cranial	35.30	33.70	36.20	33.40
Medium	36.00	32.90	36.30	32.70
Flow	36.30	33.50	37.00	33.90
Cranial	37.10	34.00	36.70	34.50
Medium	37.30	33.80	37.20	34.00
Flow	37.40	33.80	37.40	33.50
Cranial	35.50	34.80	35.50	34.70
Medium	35.70	34.80	36.20	34.60
Flow	36.20	35.30	37.20	35.00
Cranial	36.50	34.80	36.20	34.90
Medium	36.70	34.70	36.30	34.30
Flow	37.40	34.70	36.60	35.00
Cranial	35.20	33.50	34.20	33.00
Medium	35.40	32.00	35.70	33.20
Flow	37.00	33.60	37.10	33.80
Cranial	35.60	33.70	35.60	34.00
Medium	36.40	32.20	35.70	33.50
Flow	37.20	34.10	36.00	35.00
Cranial	35.70	33.80	35.60	33.90
Medium	36.10	33.50	36.00	34.10
Flow	36.70	33.90	36.70	34.20
Cranial	34.50	34.70	34.70	34.40
Medium	34.70	34.00	34.80	33.80
Flow	35.20	34.50	35.80	34.80
Cranial	36.20	34.90	35.90	34.70
Medium	36.20	34.10	35.80	33.70
Flow	36.70	34.60	36.60	35.20
Cranial	35.00	34.00	37.80	34.30

Medium	35.90	33.70	35.90	34.40
Flow	36.90	34.90	36.80	34.20
Cranial	36.00	33.40	35.50	33.20
Medium	36.00	34.40	35.90	33.70
Flow	36.50	33.70	36.70	34.40
Average	36.15	34.12	36.21	34.20
Median	36.15	34.00	36.20	34.25
Standard deviation	0.76	0.82	0.78	0.67
P-value	P<0.0001		P<0.0001	

A statistically significant difference was found both on the right ($p<0.0001$) and on the left ($p<0.001$), in the comparison between the times of 40 minutes and 24 hours after training (**Table 10**), in 40 minutes after in training, the increase in temperature was greater when compared to 24 hours after training.

Table 11 illustrates the mean, median and standard deviation of the thermography performed in the respective regions of the neck (cranial, middle and caudal) in horses, followed by the Mann-Whitney test to compare the right and left sides in the following evaluation times: pre training, 40 min post training, 2 hours post training and 24 hours post training.

Table 11

Mann-Whitney test for comparison of thermography on the right and left sides of the horse's necks in the following evaluation times: pre-training, 40 minutes post-training, 2 hours post-training and 24 hours post-training

Thermography (right vs left side)	Pre workout		40 min post training		2h post training		24h post training	
	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
Antimers								
Spots at cervical								
Cranial	34.80	34.50	35.90	36.20	36.10	35.90	35.40	34.60
Medium	34.50	34.00	36.00	36.50	35.70	35.50	35.60	35.00
Flow	35.10	35.00	37.00	37.20	36.10	35.80	35.30	35.50
Cranial	35.00	34.80	35.30	36.20	35.30	35.80	33.70	33.40
Medium	34.20	34.60	36.00	36.30	36.00	36.10	32.90	32.70
Flow	34.30	34.80	36.30	37.00	36.40	36.90	33.50	33.90
Cranial	33.80	34.30	37.10	36.70	36.50	36.50	34.00	34.50
Medium	33.90	34.90	37.30	37.20	36.60	37.30	33.80	34.00
Flow	34.00	34.80	37.40	37.40	37.00	37.20	33.80	33.50
Cranial	34.80	34.50	35.50	35.50	35.00	35.10	34.80	34.70
Medium	34.90	35.10	35.70	36.20	35.20	35.80	34.80	34.60
Flow	36.00	35.30	36.20	37.20	35.40	36.30	35.30	35.00
Cranial	35.60	35.00	36.50	36.20	36.00	35.30	34.80	34.90
Medium	35.50	35.00	36.70	36.30	36.20	35.50	34.70	34.30
Flow	35.80	37.70	37.40	36.60	36.60	36.10	34.70	35.00
Cranial	33.30	33.70	35.20	34.20	35.10	35.30	33.50	33.00
Medium	33.00	32.90	35.40	35.70	34.90	35.10	32.00	33.20
Flow	33.00	33.80	37.00	37.10	36.10	36.40	33.60	33.80
Cranial	34.30	34.30	35.60	35.60	35.20	35.80	33.70	34.00
Medium	33.50	34.00	36.40	35.70	35.10	35.10	32.20	33.50
Flow	34.80	34.30	37.20	36.00	35.20	35.70	34.10	35.00
Cranial	34.30	33.60	35.70	35.60	35.40	35.20	33.80	33.90
Medium	33.20	33.90	36.10	36.00	35.00	34.30	33.50	34.10
Flow	34.40	34.10	36.70	36.70	36.10	35.30	33.90	34.20
Cranial	33.60	34.00	34.50	34.70	33.80	34.40	34.70	34.40

Medium	33.00	33.00	34.70	34.80	34.40	34.60	34.00	33.80
Flow	33.00	34.10	35.20	35.80	34.60	34.30	34.50	34.80
Cranial	35.00	34.80	36.20	35.90	35.40	35.10	34.90	34.70
Medium	34.20	35.30	36.20	35.80	35.00	35.40	34.10	33.70
Flow	34.40	35.00	36.70	36.60	35.50	35.80	34.60	35.20
Cranial	34.20	34.40	35.00	37.80	35.70	36.90	34.00	34.30
Medium	34.20	34.70	35.90	35.90	35.70	35.40	33.70	34.40
Flow	35.20	35.10	36.90	36.80	36.30	35.90	34.90	34.20
Cranial	33.40	33.20	36.00	35.50	34.60	35.00	33.40	33.20
Medium	33.40	33.70	36.00	35.90	34.80	34.80	34.40	33.70
Flow	33.80	34.50	36.50	36.70	35.00	35.10	33.70	34.40
Average	34.26	34.46	36.15	36.21	35.53	35.61	34.12	34.20
Median	34.25	34.50	36.15	36.20	35.40	35.50	34.00	34.25
Standard deviation	0.83	0.83	0.76	0.77	0.71	0.76	0.81	0.66
P-value	P> 0.5094		P>0.7564		P>0.7140		P>0.7056	

In Table 11, it was possible to observe that there was no statistical difference when comparing the right and left sides, in the following evaluations: pre-training, 40 minutes post-training, 2 hours and 24 hours post-training, through thermography evaluation.

4. Discussion

The present study aimed to evaluate muscle tissue tension/demand points by thermography in the cranial, middle and caudal regions of the equine cervical spine, post-exercise in equestrian jumping mode (equestrian), thus verifying the differences and demand between the regions, as well as the effectiveness of the thermographic examination.

Through **Table 1**, it was possible to verify a statistically significant difference when comparing pre-training and 40 minutes post-training ($p < 0.0001$), both on the right and left sides of the neck regions, with 40 minutes post-training an increase in temperature, which was detected by the thermography exam due to the activation of the muscles remaining in this period. According to Martino et al. [15], these temperature changes are due to the body's attempt to reestablish the body's normal physiological parameters. Gramkow and Ferraz [16], mention adaptations such as tachycardia, increased metabolic rates, vasodilation in active muscles (musculoskeletal), increased blood flow to the skin with vessel dilation to facilitate heat loss. Hodgson and Rose [17], in turn, report that at the beginning of exercise, the production of heat generated by muscle activity results in a very rapid increase in muscle temperature and this is greater than the rate of heat dissipation, they also mention that this temperature it can increase

up to 1°C/minute at the beginning of physical activities and muscle temperatures up to 45°C have already been mentioned in athlete horses.

The detection of a significant temperature difference between 2h after exercise versus 24h after, demonstrates that the animals recovered from training and muscle effort, as the temperature dropped, with no lesions or local temperature increase 24h after physical activity.

The results in **Table 2**, on the other hand, demonstrate, through thermography, the symmetry of the exam, the exercise, and the absence of injury between one side and the other, so that we can infer that the exercises were symmetric, the muscle recruitment was symmetric, as well as the equal effort for both sides. Likewise, Zsoldos and Licka [1] state that, during locomotion, the horse's neck stores elastic energy for passive tissues, such as joint capsules, fascias and ligaments and mention that, for there to be correct stabilization, an activity of the musculature must be necessary, with this the animal must be subjected to constant training, avoiding structural damage and repetitive trauma.

In the evaluation of **Table 3**, analysis of thermal images between the neck regions, divided between cranial, middle and caudal, it was possible to verify that there was a statistically significant difference between the neck regions, and in the pre-training, there was a difference between the middle and caudal ($p < 0.0226$), where the caudal region had higher temperature values. Thus, the caudal region is an already activated region from a circulatory point of view, and exercises that activate the cranial and medial region should be privileged for the purpose of beginning physical activity, as well as Zsoldos and Licka [1] have already reported that the movement The cervical spine has been the focus of many studies, showing that the neck segments (cranial, middle, and caudal) move in different ways based on their functional anatomy. In vivo and in vitro studies were carried out with surface markers and showed that the greatest angular changes during ventroflexions and lateroflexions were created to occur in the upper and lower parts, that is, in the cranial and caudal regions, which shows that the middle region, moves much- less [18-20]. For Zsoldos and Licka [1], the cervical spine is the most flexible region of the entire equine spine, this is reflected in all mobility between all consecutive cervical vertebrae, and there is evidence that in the caudal region, in addition to the structures Bones, joints, ligaments and muscles, the cervical spinal cord is also at greater risk of damage and cites that more research on

intervertebral movements is needed, especially during different types of exercises and gaits.

In the evaluation of Table 4, which compares the thermography in the pre-training, 40 min after, 2h and 24h, it can be seen that the 1m jumping horses showed an increase in temperature 40 minutes after training on the left side, probably because they were horses technically less prepared, compared to the higher level, that is, the 1.40m, who felt the physical activity more intensely, with greater recruitment on the left side of the neck. After 2 hours of training, the difference remained, recruiting in addition to the left and right sides, for the same reasons, however, after 24 hours, all returned to baseline values, with no difference between groups, demonstrating that despite the muscle effort being greater in the 1m group, they were not injured. These findings agree with Hodgson and Rose [17], who show an increase in temperature in such region after exercise, was attributed to the increase in the capacity of the underlying vascular bed and that the athletic performance is better, the faster the animal returns. To their baseline physiological values after the end of the exercise, that is, the physiological parameters associated with physical activity are good indicators of equine athletic efficiency.

In evaluating the results of **Table 5**, which shows the analysis of the animals in the 1 m group among themselves, at different times of measurement, it showed that there were variations between individuals. Animal 1 presented values 24h after training significantly higher than the animals in the group, indicating a probable cervical muscular and/or circulatory injury. Animal 3 had higher temperature values than the group at 40min and 2h after training, indicating greater muscle recruitment, eventual fatigue, however, after 24h there was no difference, indicating no lesion or installed inflammation, unlike animal 1, where the temperature increase was maintained after 24h. Animal 5, on the other hand, had higher cervical temperature in the pre-training, but no variations were detected over time, indicating greater initial activation, with no repercussions during training and jumping activities.

The analysis of **Table 7**, on the other hand, demonstrates what is expected for the groups, that is, an increase in temperature on both sides of the neck, in relation to pre-training and after 2h post-training, as there was, as physiologically it should occur, an activation of the cervical musculature, with greater blood circulation indirectly visualized by thermography.

The evaluation of **Table 8** with the difference in temperature before training and 24 hours after training is one of the most important, as it allows evaluating whether the training was adequate, as well as whether the rest time was also adequate. If the training and/or rest time were inadequate, we would have a maintenance of the muscle activation process, indirectly measured by the increase in temperature, 24 hours after the exercises. In addition to no difference after 24h, there was still no difference with pre-training temperature, indicating adequate rest and absence of lesions. This is corroborated by the assessment in **Table 9**, in which it is observed that just 2 hours after training, the temperature already tends to normalize compared to 40 minutes post-training, demonstrating rapid recovery of muscle activity, and reinforcing the application of thermography as an instrument for the assessment and prediction of over effort and/or muscle injury. The same applies to the evaluation of the results obtained with **Table 10**, since the results 40 minutes after training continue to be higher average temperatures on different sides of the neck compared to 24h post training, where rest, rest, and temperature return to basal levels. Unlike the cervical region, in a study evaluating limb temperatures caused by exercise on a treadmill and adopting times such as 0, 5 min, 15 min, 45 min and 60 min, Simon et al. [21] concluded that the temperature of the limbs returned to normal within 45 minutes at the end of the exercise.

Temperature variation in thermography is directly correlated with perfusion and blood circulation [7] and can therefore predictably predict a specific muscle injury by increasing the temperature of the target site. That said, in the analysis of the results, we observed that in most animals there was an increase 40 min and 2 h after exercise in relation to the pre-exercise group, which demonstrates an increase in muscle activity.

As expected, within a prepared training, the temperature after 24 hours returns to pre-training parameters after rest. However, some animals showed altered parameters.

In the evaluation of animal 4, it presented higher values in the pre-training, which may indicate a pre-existing lesion, demonstrating the preventive nature of thermography. This same animal, after 24 hours, maintained higher thermal values, which demonstrates an installed lesion, even though it is still not visible in the ultrasound examination and in the absence of a clinical sign.

5. Conclusion

Cervical muscle thermography proved to be an effective, non-invasive, and sensitive technique in determining the temperature difference between pre- and post-training moments, demonstrating an increase in muscle activity in 40 min and 2 h after training, with subsequent return normality, and can be used for monitoring and for the occurrence of possible post-training injuries, recorded by the maintenance of high temperature in the muscles evaluated even after 24 hours.

It also allowed to verify and monitor the conditioning of the muscles involved, mainly due to the absence of significant statistical differences between the sides and regions, as well as the return to pre-training temperature from two hours after training, which becomes a factor considerably important in athlete animals, mainly to prevent muscle injuries in the cervical region, which is highly demanded during a jumping event.

This thermographic study proved to be of great importance for coaches and riders, since in the individual results among the animals, no pathological change was identified, showing a balanced result between the muscles of the right and left sides, which is the result of a work and a well-performed conditioning, reflecting in good sports performance.

The thermographic examination proved to be extremely useful for the evaluation of the physiological conditions of the equine cervical musculature, which is widely used in the classic equestrian test, allowing for a diagnosis of areas of muscle tension, that is, trigger points (Trigger points), in addition to being an auxiliary technique in the training of horses within sports medicine.

Acknowledgment

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001, our sincere thanks.

References

- [1] Zsoldos RR, Licka TF. The equine neck and its function during movement and locomotion. *Zoology* 2015;118(5):364-76.
- [2] Haussler KK. Review of the examination and treatment of back and pelvic disorders. *Proc Am Assoc Equine Pract* 2007;(53): 158-82

- [3] Cetinkaya MA, Demirutku A. Thermography in the assessment of equine lameness. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2012;36(1):43-8.
- [4] Infernuso T, Loughin CA, Marino DJ, Umbaugh SE, Solt PS. Thermal imaging of normal and cranial cruciate ligament- deficient stifles in dogs. *Veterinary Surgery* 2010;39(4):410-7.
- [5] Grossbard BP, Loughin CA, Marino DJ, Marino LJ, Sackman J, Umbaugh, SE, Akerman M. Medical infrared imaging (thermography) of type I thoracolumbar disk disease in chondrodystrophic dogs. *Veterinary Surgery* 2014;43(7):869-76.
- [6] Ng Y.E.K.A. A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumor. *Internacional Journal of Thermal Sciences* 2009 (48):848-859.
- [7] Soroko M, Morel MCG. *Equine Thermography in Practice*. V. 1. CABI: Boston; 2016. p 4-5.
- [8] Moore,J.; *General biomechanics: the horse as a biological machine*.*Equine Vet Sci*. 2010;(30):379-383.
- [9] Van Hoogmoed LM, Snyder JR. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. *The Veterinary Journal* 2002;164(2):129-41.
- [10] Figueiredo T, Dzyekanski B, Kunz J, Silveira AB, Ramos CM, Michelotto Júnior PV. The importance of thermographic examination in the assessment of the locomotor apparatus in athletic horses. *Electronic Scientific Journal of Veterinary Medicine* 2012;18:50-65.
- [11] Clayton HM. Horse species symposium: Biomechanics of the exercising horse. *Journal of Animal Science* 2016;94(10):4076-86.
- [12] Stubbs NC, Clayton HM. *Activate Your Horse's Core: Unmounted Exercises for Dynamic Mobility, Strength, & Balance*. Sport Horse Publications; 2008.
- [13] Resende, AM. Myositis in the Athlete Horse. In: *II International Sampsous of the Athlete Horse*. Belo Horizonte 2005;56-75.
- [14] Boffi MF. Pathologies that affect sports performance. In: Boffi MF. *Physiology of Del Ejercicio in Equines*. Buenos Aires: Inter-Medical 2006;18:255-89.
- [15] Martinod SR, Bernard B, Serrar M, Gutierrez, G. Release of Heat-Shock Protein Hsp72 After Exercise and Supplementation With an Opuntia ficus indica Extract TEX-OE. In: *Proceedings of the American Association of Equine Practitioners* 2007;53:72-6.
- [16] Gramkow HL, Ferraz GC. *Exercise physiology in horses*. Polo Vet; 2007.
- [17] Hodgson DR, Rose RJ. *The athletic horse: principles and practice of equine sports Medicine*. Philadelphia: Saunders; 1994. 497p.

[18] Bergh A, Egenvall A, Olsson E, Uhlhorn M, Rhodin M. Evaluation of skin displacement in the equine neck. *Comparative Exercise Physiology* 2014;10(3):181-6.

[19] Clayton HM, Kaiser LJ, Lavagnino M, Stubbs NC. Dynamic mobilisations in cervical flexion: Effects on intervertebral angulations. *Equine Veterinary Journal* 2010;42:688-94.

[20] Clayton HM, Kaiser LJ, Lavagnino M, Stubbs NC. Evaluation of intersegmental vertebral motion during performance of dynamic mobilization exercises in cervical lateral bending in horses. *American Journal of Veterinary Research* 2012;73(8):1153-9.

[21] Simon EL, Gaughan EM, Epp T, Spire M. Influence of exercise on thermographically determined surface temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 2006;229(12):1940-4.



Figure 1

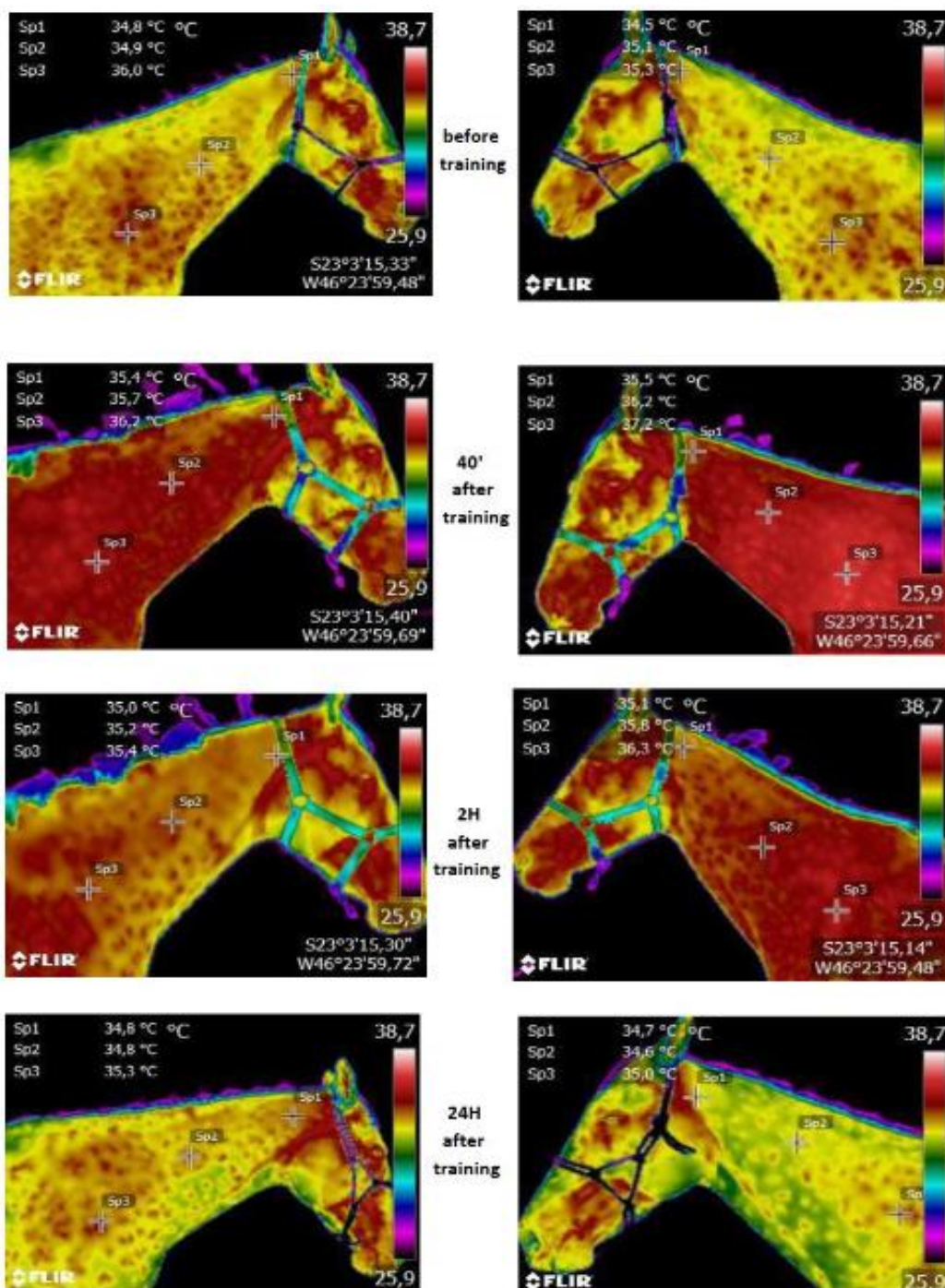


Figure 2

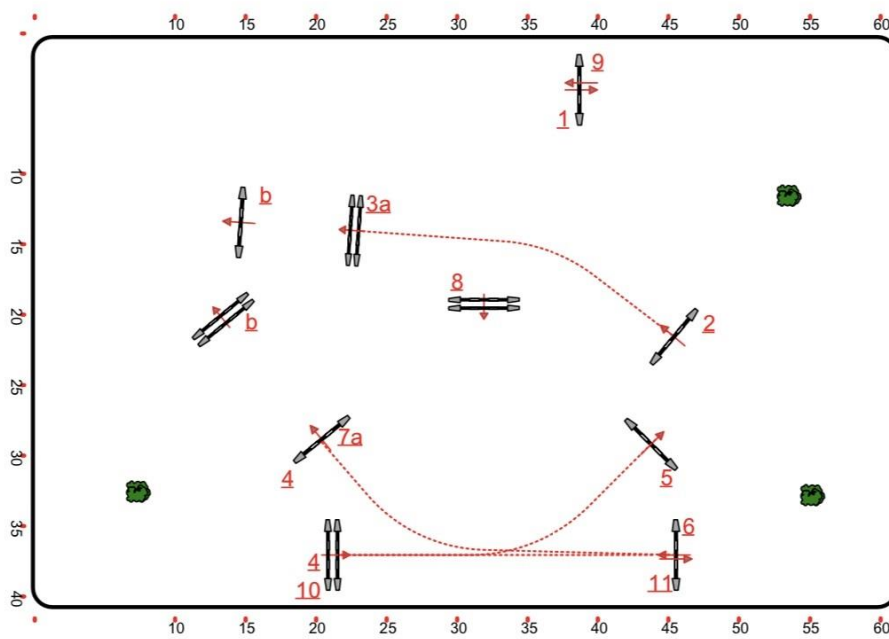


Figure 3

O artigo científico 2 será submetido para a revista “Journal of Equine Veterinary Science” e está disponível no site <www.journals.elsevier.com/journal-of-equine-veterinary-science>

CAPÍTULO 3

Trabalho Científico

Avaliação Termográfica e Ultrassonográfica na região cervical de equinos atletas na modalidade hípica de salto

Denise de Oliveira Venturelli; Jean Guilherme Fernandes Joaquim; José Aldo Puccetti Moraes Santos; Stélio Pacca Loureiro Luna; Jéssica Leite Fogaça; Vânia Maria De Vasconcelos Machado

Resumo
Introdução
Material e Método
Resultados
Discussão
Conclusão
Referências

Abstract

Evaluations and studies of the equine cervical region, a complex and essential structure during movement and support of the neck in horses, has benefited from technological advances in diagnostic images. Thermography, used for thermal mapping of the body surface and to elucidate soft tissue injuries has been a complementary tool to ultrasound examination, which is another efficient method used to visualize important muscle bundles in athletic horses, serving as a diagnostic tool in animals with poor performance. Therefore, this study is evaluated to evaluate tension points in muscle bundles by thermography and ultrasonography in the cranial, middle, and caudal regions of horses in activity in the classic equestrian modality and verify the differences in demand between regions. Twelve animals from the Brazilian Equestrian (BH) breed were used, divided into two jumping groups with obstacles at heights of 1.00m and 1.40m, which were evaluated by thermography during pre-training and 24h after sports practice. The results showed that thermography was an effective tool, with random temperature increase in different regions of the neck. The results showed that thermography was an effective tool, random temperature increase in different regions of the neck and ultrasound did not prove changes in muscle tissue. Based on this study, it was not possible to correlate the two techniques, showing greater sensitivity of thermography in the detection of areas of muscle tension called trigger point.

Key words: thermography, ultrasound, horses, neck..

1. Introduction

Since its domestication, the horse has been used in various work and sport modalities, often resulting in animals demanded above natural limits [1], as for Greig et al [2] when training with foals is started until the first competitions, the musculoskeletal system is subjected to an increase in the workload so that it can adapt. Rhodin et al, [3], mentions that the maximum elevation of the head and neck for a very long-time during work can lead the animal to risks, causing damage to younger and untrained animals. In older animals, Zsoldos and Licka [4], point out that the stability of the neck decreases with age in most horses, as well as coordination and strength, with the head and neck being considered the structures with the main balance mechanism of the horse. For

Dyson [5], it is relevant to know that the shape of the neck, size and weight, along with its conformation, are related to the type of work performed by the animal.

The study of the equine cervical spine has been highlighted in veterinary medicine for being a complex structure and for developing certain diseases, which may be related to lameness or decreased performance in sports activities [5]. It is essential in the movement of horses and support of the neck, as it helps in the propulsion phase during canter, joining thoracic and pelvic limbs [6]. The equine neck has numerous functional capacities, which contribute to support and posture, in the alternation of locomotor limbs and in the position of the head [7]. It is a complex structure that is susceptible to trauma [4, 8, 9].

Despite not having similar progress in the diagnosis of cervical diseases as in human medicine, veterinary medicine has been finding advances in imaging diagnosis, which allows for greater diagnostic investigation of clinical signs related to the cervical region [10, 11]. Such advances achieved and correlated with the anatomical study include the use of radiography (RX), computed tomography (CT), ultrasonography (US) and magnetic resonance (MR) techniques [12], in addition to thermography [13].

Along with the substantial advance in diagnostics, the use of thermography has been growing and expanding in several specialties in veterinary medicine, as a complementary method in the diagnosis of inflammatory processes in different animal species, as well as in the early detection and monitoring of diseases [14-16].

As it is a non-invasive technique, it has been used in athlete horses to control thermoregulation after physical activity, as well as helping in the diagnosis of animals with reports of decreased performance, as it demonstrates sensitivity to temperature changes in the superficial muscle groups, allowing this way to verify and monitor the conditioning of this musculature, as well as if there is any muscular alteration installed [17].

One of the diagnostic methods that can also be used for the examination of the equine neck is the ultrasound exam (US), a quick, dynamic exam that does not require general anesthesia, only sedation when necessary, and is much less costly and safe, however, there may be a need for complementation with other techniques since US is not so specific [18].

For Dyson [5], cervical spine ultrasound can assess soft tissues (muscles, ligaments, nerves), bursitis in the atlanto-occipital joint, edema, jugular vein

thrombophlebitis, as well as bone surfaces, facets, and joint processes. It can be used as an interventional ultrasound, in procedures with guided infiltrations. It is also extremely useful and indicated as a complement to clinical, radiographic, and thermographic examinations, and it is extremely important to correlate the ultrasound findings with the clinical findings during the physical examination, as there are animals that do not show any clinical signs, but there are ultrasound changes. The evaluation via ultrasound examination of certain muscles of the equine neck can be an effective method for muscle monitoring of animals in training programs [19], since lesions may be accompanied by hemorrhages and edema, forming areas hypoechoic between fibers, as well as during the healing process, fibroplasia and disarrangement between fibers reduce echogenicity [20].

Due to the difficulty of accessing the anatomical structures of the cervical spine, which may be injured in regions of difficult access, thermography and ultrasonography as complementary diagnostic tools are extremely important in aiding the examination of a suspected horse in spinal alterations [21].

In cases of poor performance and/or lameness in athletic horses, a detailed history associated with a good history and complete clinical examination and complementary tests such as thermography and ultrasonography are essential [22, 23].

This study aimed to evaluate stress points and musculoskeletal biomechanics by ultrasonography and thermography in the cranial, middle, and caudal regions of the equine cervical spine, after equestrian exercise in the jumping modality, thus verifying the differences and demands between the regions.

2. Materials and Methods

This research was approved by the Ethics Committee on the Use of Animals (CEUA) of the Botucatu School of Veterinary Medicine and Animal Science (FMVZ/UNESP) (Protocol No. 0201/2020) and was developed in a private equestrian center in São Paulo State, Brazil.

Twelve horses (9 males and 3 females), with body weight between 420 - 570 kilograms (Kg) and aged between 6 and 18 years, all the race Brasileiro de Hipismo (BH) were selected. All animals were athletes, practitioners of the equestrian sport of jumping and were evaluated by thermography in the cervical region (cranial, middle, and caudal) at the respective times: pre-exercise and post-exercise: 40 minutes post-

training, 2 hours post-training and 24 hours after training, all animals were considered healthy.

After the pre-training thermographic examination and 24 h after training and before the pre-training and 24 h post-training ultrasound examination, individually, with the animal in station, a physical examination of the locomotor apparatus was performed to assess changes in posture, conformation, symmetry muscle of both antimeres from the neck to the rump, with palpation of the cervical and thoracolumbar muscles, in order to exclude animals with pain in these regions, as well as a dynamic assessment at trot to exclude animals with lameness.

With an emphasis on the cervical region and based on the theme of this study, taking into account the relationship of the cervical region with thermography and ultrasound, we will limit ourselves only to the muscles of the layers which the depth of the thermographic examination can reach, or that is, the superficial and middle layers, thus, the main muscles mentioned were the mm. ventral rectus of the head, mm. Trapeze, mm. Rhomboid, mm. Cervical ventral serratus, mm. Splenium, mm. Brachiocephalic, mm. Omotransverse and mm. Sternocephalic.

The physical examination of the cervical region consisted of palpation, inspection, and mobility tests.

The inspection was carried out with the animal in quadrupedal support, in which it was possible to observe the animal's attitude and temperament, muscle symmetry, lateral and dorsal view of the cervical spine, body score and conformation.

In the palpation exam, little pressure was applied on the structures, going from the atlanto-occipital joint to the base of the neck in the cervicothoracic region, trying to locate pain, tension and increase in volume.

During mobility tests, through muscle-cutaneous stimulation, we sought to assess tolerance, amplitude and quality of movements performed, which could indicate the presence of pain or not. Among the tests, bilateral active mobilization (back and ventroflexion), left and right unilateral active mobilization (lateral flexion) were performed.

As for the examination in motion, each animal was evaluated while walking and trotting, in a straight line and on a flat cement floor.

The thermographic examination was carried out in the pre-training times and 24 hours after training, and for the pre-training examination, the animal was evaluated 1

hour after feeding, after cleaning the hair with a superficial rubber slicker, the mooring of the mane, avoiding contact with the dorsal surface of the neck. Within 40 minutes and 2 hours after training, the horses drank water, the material (saddle, blanket and halter) were removed, the mane was tied again and returned to the stall, where they were tied until the images were taken. 24h after training, the animals followed the same pre-training requirements.

The equipment used was a Flir brand thermograph, model E53, EXX series, with a resolution of 240×180 and more than 43,200 temperature measurement points (**Fig. 1**). The thermographic images were later analyzed by FLIR TOOLS software (<https://www.flir.com.br/products/flir-tools>).

Fig. 1. Thermographic equipment used model Flir E53.

To acquire the images, the camera was positioned perpendicular to each region evaluated and at two meters from each animal (2m), and all animals were calm, dry and clean during the thermography measurement. The measurement was carried out in a standard masonry cubicle, measuring 4m x 4m and 6 m in height, shaded and airy, with the floor covered with sawdust (**Fig. 2**).

Fig. 2. The left distance of 2 meters and the animal and the correct parallelism between the camera and the animal on the right.

All thermographic images were taken from the side view, both sides of the neck, with manual calibration, emissivity of 0.98 and with the Rainbow High Contrast palette.

The animals were divided into two groups of 6 animals, group 1 (N1, N2, N3, N4, N5 and N6), selected to jump 1-meter-high obstacles, and group 2 (N7, N8, N9, N10, N11 and N12), selected to jump 1.40-meter-high obstacles.

For both groups, training took place on a quartz and bidding sand track, with Olympic footage (40m x 60m), with the same set course for both heights, containing 12 obstacles, 487 meters and a speed of 350m/minute. The rider was the same for all animals, weighing 78 kg, 1.86 in height. The warm-up time, the degree of difficulty and the number of obstacles were standardized, the training lasted a total of 35 minutes of exercise, with ten minutes walking, ten minutes trotting, five minutes galloping with a

total of six jumps preparatory isolates. The training consisted of a single passage through the track, totaling 18 obstacles lasting about a minute and a half, ending with 5 minutes per step. All animals jumped with Antares® saddle, on a cloth blanket and gel skin, with a Neco® bit (**Fig. 3**).

Fig. 3. Sketch demonstrating the training track for groups 1 and 2.

All training took place between 02/22 and 03/23/2021, following the same period from 7:30 am to 12:00 pm, with ambient temperature and relative air humidity marking, always when images, through the TERMOMETER ++ app by Viachaslau Tysianchuuk, version 5.1 (apps.apple.com).

The thermographic images were taken at the times considered pre-training and 24 hours after training (**Fig. 4**). As for the ultrasound examination, the equipment used was the Esaote (r), Mylab 70 model with a linear transducer and 10MHz (**Fig. 5**), while the ultrasound evaluations were performed immediately after the thermographic examination in the pre-training and 24 hours post-training. images both in the transverse and in the longitudinal plane, in the atlanto-occipital regions, and in the cranial, middle, and caudal cervical regions, on both sides of the neck for each animal (**Fig. 6**).

Fig. 4. Illustration of the lateral thermal images of the neck of one of the animals, taken during the study.

Fig. 5. Esaote (r) ultrasound equipment model, Mylab 70 model with linear transducer and 10MHz.

For statistical analysis, Spearman's test was applied to correlate the different times with body mass using the GraphPad Prism 5 software. All hypothesis tests developed in this work considered a significance of 5%, that is, the null hypothesis was rejected when the p value was less than or equal to 0.05. Therefore, H₀: the sample distributions are equal or rejected, and H₁: conclude that the samples have significantly different distributions.

Fig. 6. Elucidating the thermographic and ultrasound examination in one of the study animals.

3. Results

Table 1.

Thermographic evaluation 24 hours after training and ultrasound evaluation 24 hours after training of the athlete horses.

Animal	Region	Thermographic evaluation with 24h post training		Us evaluation w/ 24h post training	
		Right T	Left T	Right US	Left US
1	Cranial	Yes	Not	Not	Not
1	Medium	Yes	Yes	Not	Not
1	Flow	Not	Yes	Not	Not
2	Cranial	Not	Not	Not	Not
2	Medium	Not	Not	Not	Not
2	Flow	Not	Not	Not	Not
3	Cranial	Not	Not	Not	Not
3	Medium	Not	Not	Not	Not
3	Flow	Not	Not	Not	Not
4	Cranial	Not	Not	Not	Not
4	Medium	Not	Not	Not	Not
4	Flow	Not	Not	Not	Not
5	Cranial	Not	Not	Not	Not
5	Medium	Not	Not	Not	Not
5	Flow	Not	Not	Not	Not
6	Cranial	Not	Not	Not	Not
6	Medium	Not	Not	Not	Not
6	Flow	Yes	Not	Not	Not
7	Cranial	Not	Not	Not	Not
7	Medium	Not	Not	Not	Not
7	Flow	Not	Yes	Not	Not
8	Cranial	Not	Not	Not	Not
8	Medium	Not	Not	Not	Not
8	Flow	Not	Not	Not	Not
9	Cranial	Yes	Not	Not	Not
9	Medium	Yes	Yes	Not	Not
9	Flow	Yes	Yes	Not	Not
10	Cranial	Not	Not	Not	Not
10	Medium	Not	Not	Not	Not
10	Flow	Not	Not	Not	Not
11	Cranial	Not	Not	Not	Not
11	Medium	Not	Not	Not	Not
11	Flow	Not	Not	Not	Not
12	Cranial	Not	Not	Not	Not
12	Medium	Yes	Not	Not	Not
12	Flow	Not	Not	Not	Not
		Thermography 41.66%		Ultrasound 0%	
		r=0.4115 (p=0.0126)			

Through **Table 1**, it was verified that 5 animals (1, 6, 7, 9 and 12) totaling 41.66% had an increase in temperature in the neck region evaluated by thermography. However, it was found that there was no significance in the assessments with ultrasound. There was also a significant positive correlation between the right and left sides of the neck assessed by thermography.

Fig. 7. Thermal images of group 1, 24h after training.

Fig. 8. Thermal images of group 2, 24h after training

Fig. 9. Ultrasonographic images of N1 (group 1), 24h after training.

Fig. 10. Ultrasonographic images of the N9 (group 2), 24h after training.

Table 2.

Correlation of age with body weight of athlete horses.

	Age	Weight
Animal 1 (N1)	14	450
Animal 2 (N2)	6	500
Animal 3 (N3)	18	460
Animal 4 (N4)	7	540
Animal 5 (N5)	5	515
Animal 6 (N6)	13	480
Animal 7 (N7)	7	570
Animal 8 (N8)	11	555
Animal 9 (N9)	9	420
Animal 10 (N10)	16	500
Animal 11 (N11)	17	486
Animal 12 (N12)	9	490
Average	11.00	497.16
Median	11.00	497.16
Dev. FOR	4.51	43.53
Minimum	5.0	420
Maximum	18.0	570
R-0.5237		P=0.0805

There was no significant correlation between age and body weight of the animals, as shown in **Table 2**.

Table 3.

Correlation of age and body weight with the respective times: pre-training, 40 minutes post-training, 2 hours post-training and 24 hours post-training.

Animal	Antimers	Pre workout		40 min post training		2h post training		24h post training	
		Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
1	Cranial	34.80	34.50	35.90	36.20	36.10	35.90	35.40	34.60
1	Medium	34.50	34.00	36.00	36.50	35.70	35.50	35.60	35.00
1	Flow	35.10	35.00	37.00	37.20	36.10	35.80	35.30	35.50
2	Cranial	35.00	34.80	35.30	36.20	35.30	35.80	33.70	33.40
2	Medium	34.20	34.60	36.00	36.30	36.00	36.10	32.90	32.70
2	Flow	34.30	34.80	36.30	37.00	36.40	36.90	33.50	33.90
3	Cranial	33.80	34.30	37.10	36.70	36.50	36.50	34.00	34.50
3	Medium	33.90	34.90	37.30	37.20	36.60	37.30	33.80	34.00
3	Flow	34.00	34.80	37.40	37.40	37.00	37.20	33.80	33.50
4	Cranial	34.80	34.50	35.50	35.50	35.00	35.10	34.80	34.70
4	Medium	34.90	35.10	35.70	36.20	35.20	35.80	34.80	34.60
4	Flow	36.00	35.30	36.20	37.20	35.40	36.30	35.30	35.00
5	Cranial	35.60	35.00	36.50	36.20	36.00	35.30	34.80	34.90
5	Medium	35.50	35.00	36.70	36.30	36.20	35.50	34.70	34.30
5	Flow	35.80	37.70	37.40	36.60	36.60	36.10	34.70	35.00
6	Cranial	33.30	33.70	35.20	34.20	35.10	35.30	33.50	33.00
6	Medium	33.00	32.90	35.40	35.70	34.90	35.10	32.00	33.20
6	Flow	33.00	33.80	37.00	37.10	36.10	36.40	33.60	33.80
7	Cranial	34.30	34.30	35.60	35.60	35.20	35.80	33.70	34.00
7	Medium	33.50	34.00	36.40	35.70	35.10	35.10	32.20	33.50
7	Flow	34.80	34.30	37.20	36.00	35.20	35.70	34.10	35.00
8	Cranial	34.30	33.60	35.70	35.60	35.40	35.20	33.80	33.90
8	Medium	33.20	33.90	36.10	36.00	35.00	34.30	33.50	34.10
8	Flow	34.40	34.10	36.70	36.70	36.10	35.30	33.90	34.20
9	Cranial	33.60	34.00	34.50	34.70	33.80	34.40	34.70	34.40
9	Medium	33.00	33.00	34.70	34.80	34.40	34.60	34.00	33.80
9	Flow	33.00	34.10	35.20	35.80	34.60	34.30	34.50	34.80
10	Cranial	35.00	34.80	36.20	35.90	35.40	35.10	34.90	34.70
10	Medium	34.20	35.30	36.20	35.80	35.00	35.40	34.10	33.70
10	Flow	34.40	35.00	36.70	36.60	35.50	35.80	34.60	35.20
11	Cranial	34.20	34.40	35.00	37.80	35.70	36.90	34.00	34.30
11	Medium	34.20	34.70	35.90	35.90	35.70	35.40	33.70	34.40
11	Flow	35.20	35.10	36.90	36.80	36.30	35.90	34.90	34.20
12	Cranial	33.40	33.20	36.00	35.50	34.60	35.00	33.40	33.20
12	Medium	33.40	33.70	36.00	35.90	34.80	34.80	34.40	33.70
12	Flow	33.80	34.50	36.50	36.70	35.00	35.10	33.70	34.40
Age	P.value	P=0.1101	P=0.5805	P=0.2496	P=0.138	P=0.082	P=0.2417	P=0.7164	0.9883
Age	R	-0.2709	-0.09527	0.197	0.2521	0.2938	.2002	0.06271	-0.00253
Body weight	P.value	P=0.0189	P=0.2721	P=0.3398	P=0.5576	P=0.8766	P=0.7859	P=0.4058	P=0.89
Body weight	R	0.3894	0.188	0.1638	-0.1011	-0.02683	-0.0469	-0.1429	0.0239

Through **Table 3**, it was verified that there was no correlation between the animals' age and thermography.

In relation to body weight, there was practically no significant correlation, with the exception of pre-training on the right side ($p=0.0189$), where a moderate positive correlation was found between age and thermography.

4. Discussion

Based on the results obtained in this study and according to table 1, it was possible to identify that of the 12 animals evaluated, 41.66%, that is, 5 animals, after 24 hours of training, thermographically demonstrated a random temperature increase in different regions in the neck (cranial, middle, and caudal). However, based on this assessment, there was no statistical significance in the ultrasound examination, as according to [24, 25], this technology provides real-time images of complete transverse and longitudinal sections of muscles and, with this tool, it is possible to determine the dimensions of a muscle, verify the effectiveness of a treatment or exercise, evaluate the presence or not of muscle atrophy and also diagnosing myalgias, thus, the proposed physical activity was not enough to cause muscle injuries in the studied structures, not being possible, even with the indication of the increase in local temperature demonstrated by the *hot spots* in the thermograms, in the ultrasound images, no changes were seen.

For Turner et al. [26-28] and Head and Dyson [5], blood perfusion, circulation as well as vascularization are responsible for the basis of the interpretation of the thermal pattern, in agreement with Ghafir et al. [29], the skin around the musculature, also demonstrates increases in temperature as a result of muscle activity. Muscles are characterized by fiber echogenicity (hypoechoic zones) and zones of hyperechoic lines separated by fibers. Injured tissues invariably present circulatory changes, heat resulting from local vasodilation, pain and edema. The presence of hypoechoic or anechoic windows in muscle fibers are considered criteria for the diagnosis of myositis [30].

Horses in routine training can benefit from the use of the thermography technique, aiming to identify possible subclinical changes, since injured regions may have a temperature increase of 1°C, with this, it is possible to make adaptations in the training, aiming at the prevention of future injuries [27, 28, 31, 32].

In humans, pain-related studies performed by Green et al. [33], thermography proved to be 95% more specific and 99% more sensitive. Even though it is not so sensitive, Dyson [5] reports that ultrasound examination of the cervical region is useful to identify soft tissue edema, nuchal ligament, nuchal bursa, joints and joint facets, vein thrombophlebitis jugular and for ultrasound-guided drug administration. Fonseca et al. [34], in a study using thermography and ultrasonography in the diagnosis of back pain in equine athletes, managed to relate thermal images with localized lesions with

ultrasonography, also managing to correlate these lesions with the different sporting modality practiced by the studied animals, however, this study did not correlate the time of evaluations after sports activities, which shows that some injuries along the equine spine, even if repetitively, linked to the sport modality, may present earlier or later, which will differentiate the results with the use of thermography and ultrasonography techniques.

In **Table 2 and 3**, making the correlation between age and body weight of the animals evaluated, both in thermography and ultrasonography, there were no changes, although Alfen and Mah [35], in a study in humans, report that the visual assessment and interpretation of the ultrasound image depend on the operator's level of experience and the quality of the device. They also mention that all muscle tissues considered healthy appear slightly different on ultrasound because of differences in their architecture and in the connective tissue content they present, in addition, their echogenicity also strongly depends on the age and fat content of the muscle, a since older muscle tissues appear with greater hyperechogenicity and tissues with a high fat content, they become more difficult to be evaluated. As for the fat content in the subcutaneous tissue, Soroko and Morel [13] report that in the thermographic examination, the adipose and subcutaneous tissues can affect the heat distribution. Buchner et al. [36] (1997), shows that the percentage of muscle mass in the head is 4%, while in the neck it is 6% and that together they add up to a body mass of 10% and that the conformation of the neck is adequate for the specific type of Work.

In practice, animal 5, due to the fat content and shape of the neck, was the most difficult to visualize the muscle structures through the ultrasound examination and the one that thermographically showed greater difficulty in distributing heat, especially 40 minutes after training, going against the aforementioned authors.

According to Van Weeren [37], there are many factors that can influence all types of studies related to the equine neck, such as head and neck position during riding, rider skill, conformation, weight, age, adequate training, strength applied, intensity of these forces, differences between races and the positioning of the head/neck in each sport modality.

5. Conclusion

In this study, it was not possible to correlate thermography and ultrasound techniques, even though they are two highly efficient methods in image diagnosis, since thermographic findings could not be visualized in ultrasound images, showing greater sensitivity of thermography in the early detection of inflammatory processes, unlike the ultrasonographic exam, which, 24 hours after jumping training, did not show any inflammatory changes or alterations in echogenicity and disposition of muscle fibers.

Acknowledgment

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001, our sincere thanks.

References

- [1] Maranhão RPA, Palhares MS, Melo UP, Rezende HC, Braga CE, Silva Filho JM, Vasconcelos, MNF. Afecções mais frequentes do aparelho locomotor dos equídeos de tração no município de Belo Horizonte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 2006;58 (1) 21-27.
- [2] Greig CR, Brass KE, Oliveira FG, De La Corte FD, Silva JH, Silva CAM. Relevance of tendon ultrasound in thoroughbred race horses in adaptation to training. *Rural Science* 2005;35(4):832-6.
- [3] Rhodin M, Álvarez CG, Byström A, Johnston C, Van Weeren PR, Roepstorff L, & Weishaupt MA. The effect of different head and neck positions on the caudal back and hindlimb kinematics in the elite dressage horse at trot. *Equine Veterinary Journal* 2009;41(3):274-9.
- [4] Zsoldos RR, Licka TF. The equine neck and its function during movement and locomotion. *Zoology* 2015;118:364-76.
- [5] Dyson SJ. Lesions of the equine neck resulting in lameness or poor performance. *Veterinary Clinics of North America – Equine Practice* 2011;27(3):417.
- [6] Denoix JM. Biomechanics and physical training of the horse. 1st Ed. Florida: CRC Press; 2004:89-97.
- [7] Gellman KS, Bertram JEA The equine nuchal ligament 1: structural and material properties. *Vet Orthop Traumatol.* 2002;15:1-6.
- [8] Furst A. Cervical vertebral arthrosis in horses: an overview Halswirbelsäulenarthrose beim pferd: Eine Übersicht *Prakt* 2007;87:956-64.

- [9] Speltz MC, Olson EJ, Hunt LM, Pool RR, Wilson JH, Carlson CS. Equine intervertebral disk disease: A case report. *Journal of Equine Veterinary Science* 2006; 26(9):413-9.
- [10] Mayhew GJ. The disease spinal cord. In: *America Association of Equine Practitioners, Proceedings*, Lexington; 1999.
- [11] Dyson SJ. The cervical spine and soft tissues of the neck. In: Ross MW, Dyson SJ. *Diagnosis and management of lameness in the horse*. Saunders; 2003:522-31.
- [12] Latorre R, Rodriguez MJ. In search of clinical truths: equine and comparative studies of anatomy. *Equine Veterinary Journal* 2007;39(3):263-8.
- [13] Soroko M, Davies Morel, MCG. *Equine Thermography in Practice*. V. 1. Ed. CABI, Boston; 2016:4-5.
- [14] Centinkaya, MA, Demirutku A. Thermography in the assessment of equine lameness. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2012;36(1):43-8.
- [15] Infernuso T, Loughin CA, Marino DJ, Umbaugh SE, Solt PS. Thermal imaging of normal and cranial cruciate ligament- deficient stifles in dogs. *Veterinary surgery* 2010; 39(4):410-7.
- [16] Grossbard BP, Loughin CA, Marino DJ, Marino LJ, Sackman J, Umbaugh SE, Akerman M. Medical infrared imaging (thermography) of type I thoracolumbar disk disease in chondrodystrophic dogs. *Veterinary Surgery* 2014;43(7):869-76.
- [17] Figueiredo T, Dzyekanshi B, Kunz J, Silveira AB, Ramos C. The importance of thermographic examination in the evaluation of the locomotor apparatus in athletic horses. *Electronic Scientific Journal of Veterinary Medicine* 2012:9.
- [18] Gollob E, Edinger H, Stanek C, Wurning C. Ultrasonographic investigation of the atlanto-occipital articulation in the horse. *Equine Vet. J.* 2002;34:44-50.
- [19] Oliveira K, Soutello RVG, Fonseca R, Lopes AM, Santos PCS, Santos JMF, Massarelli AC, Rodrigues JS, Vera JHS. Biometry by ultrasonography of the epaxial and pelvic musculature in equines trained whitth pessoa's rein *Ciencia Rural Santa Maria* 2014;11(44):2045-2051
- [20] Alves ALG Diagnostic ultrasound of the equine locomotor system. *CRMV-SP Continuing Education Journal* 1998;1(1):31.
- [21] Weaver MP, Jeffcott LB, Nowak M. Radiology and Scintigraphy. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 1999;15:113-29.
- [22] Fantini P, Palhares SM. Low back pain in horses. *Acta Veterinária Brasileira* 2011; 5(4):359-63.

- [23] Mendes AB, Figueiró GM, Lucas FA, Barioni, G. Equine low back pain: diagnosis and treatment. *Pubvet* 2013;7(17):240.
- [24] McGowan CM, Stubbs, NC, Hodges P, Jeffcott L. Back pain in horses: epaxial musculature. Canberra, Australian Capital Territory: Rural Industries Research and Development Corporation; 2007.
- [25] Stubbs NC, Kaiser LJ, Hauptman J, Clayton HM. Dynamic mobilization exercises increase cross sectional area of multifidus muscles. *Equine Veterinary Journal* 2011;43(5):522-9.
- [26] Turner TA. Thermography evaluation of horses with podotrochiosis. *Am. J. Vet. Res.* 1983;44:535-9.
- [27] Turner TA. Diagnostic thermography. *Vet. Clin. North. Am. Equine Pract.* 2001;17: 95-113.
- [28] Turner TA, Pansch J, Wilson JH. Thermographic assessment of racing thoroughbreds. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, San Diego. Proceedings California 2001;47:344-5.
- [29] Ghafir Y, Art T, Lekeux P. The thermographie infrarouge dans l'étude de la thermoregulation chez le cheval: effets de l'entraînement. In: *Annales de Medecine Veterinaire*. ULg-Université de Liège 1996:131-5.
- [30] Peetrons P. Ultrasound of muscles. *European Radiology* 2002;12(1):35-43.
- [31] Palmer SE. Use of the portable infrared thermometer as a means of measuring in surface temperature in the horse. *Am. J. Vet. Res.* 1981;42:105-8.
- [32] Wiel M, Litzke LF, Fritsch R. Diagnostische Aussagekraft der thermographie bei lahmheiten des pferds. *Tierazti Prax.* 1998;26:346-54.
- [33] Green J, Coyle M, Becker C. Abnormal thermographic findings in asymptomatic volunteers. *Thermology* 1986;2:13-15.
- [34] Fonseca BPA, Alves ALG, Nicoletti JLM, Thomassian A, Hussini CA, Mikail S. Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. *J. Equine Vet Sci* 2006;26: 507-16.
- [35] Alfen NY, Mah JK. Neuromuscular Ultrasound: A New Tool in Your Toolbox. *Can J Neural Sci.* 2018;45:504-15.
- [36] Buchner HHF, Savelberg HHCM, Schamhardt HC, Barneveld A. Inertial properties of Dutch Warmblood horses. *Journal of biomechanics* 1997;30(6):653-8.
- [37] Van Weeren PR. About Rollkur, or low, deep and round: why Winston Churchill and Albert Einstein were right. *Vet. J.* 2013;196:290-3.

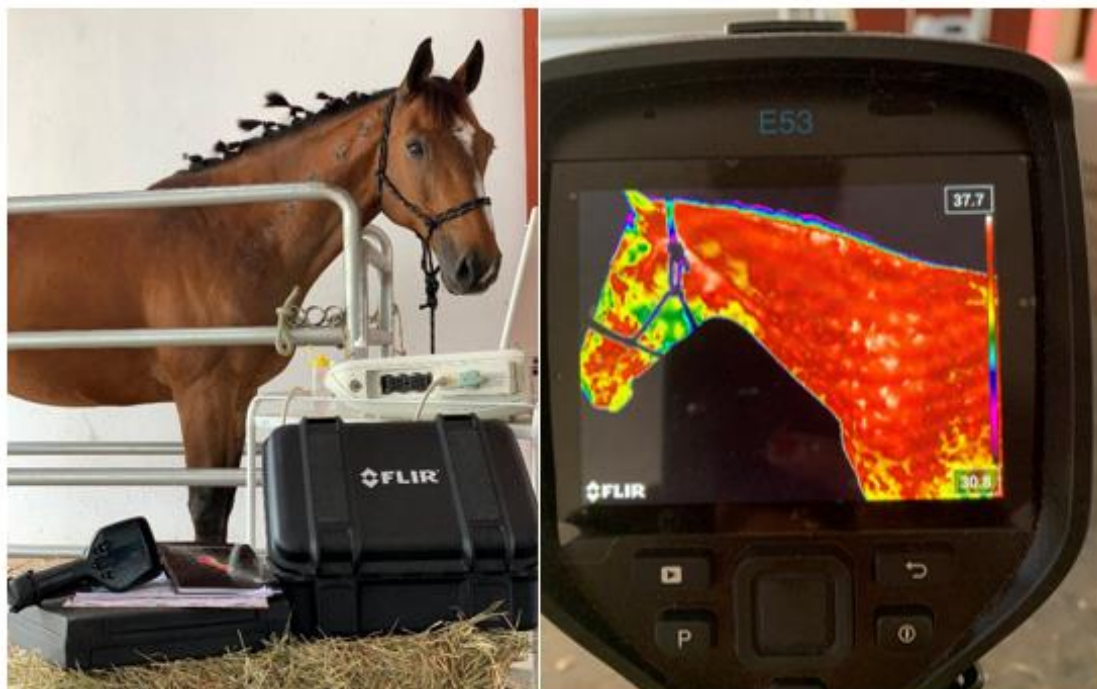


Figure 1



Figure 2

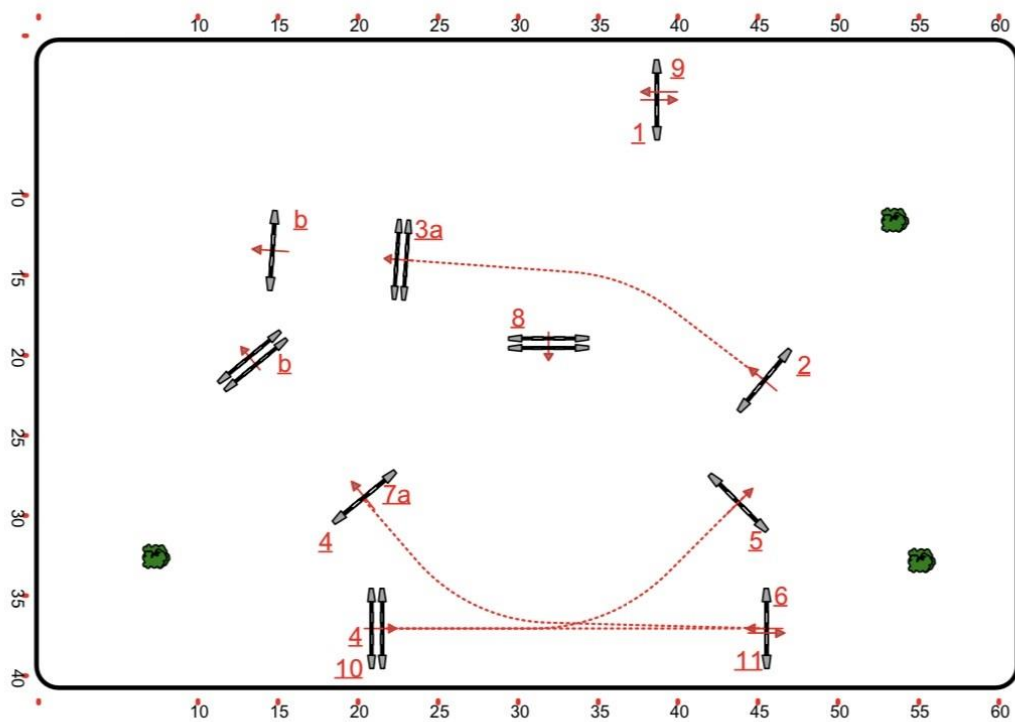


Figure 3

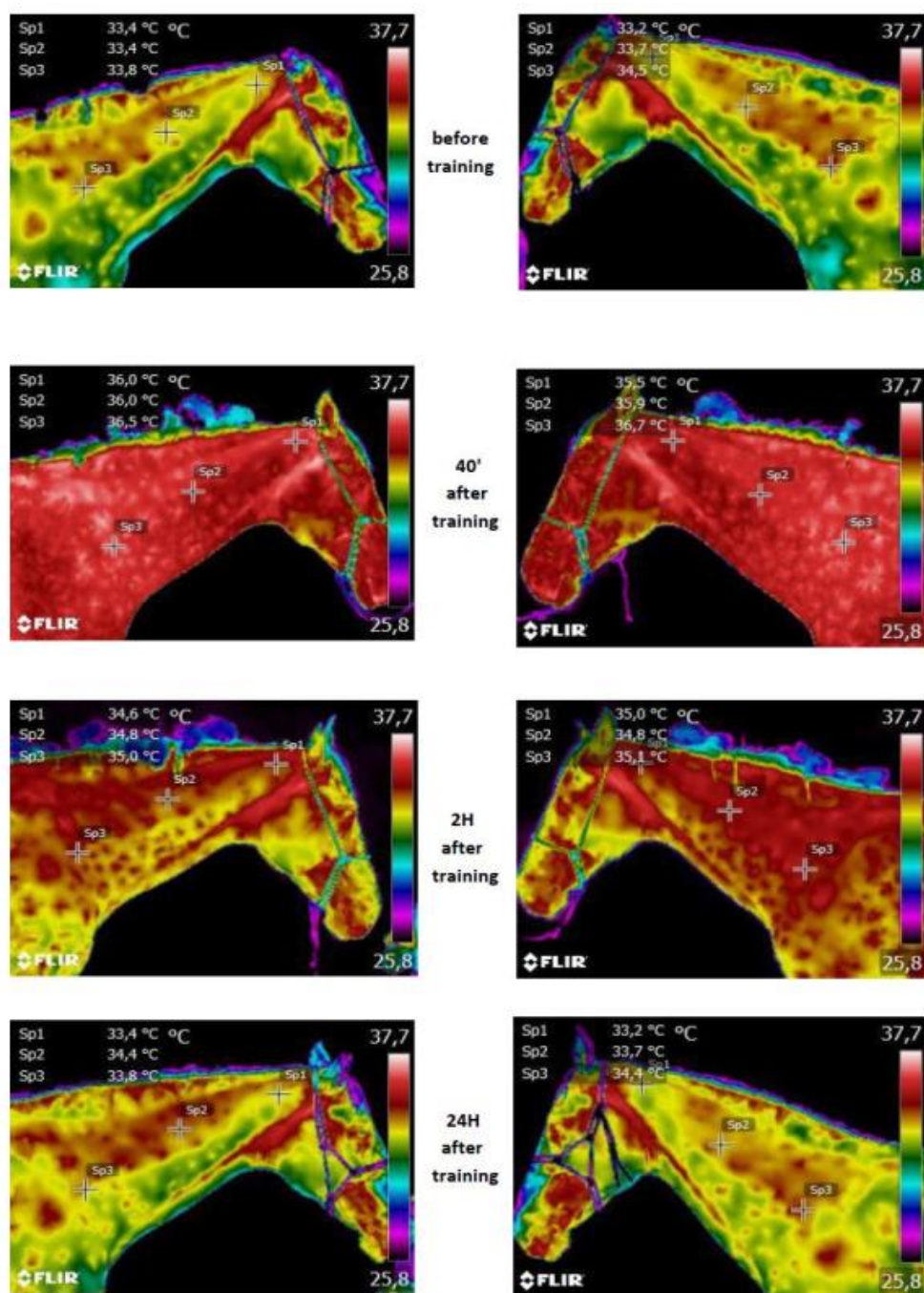


Figure 4



Figure 5



Figure 6

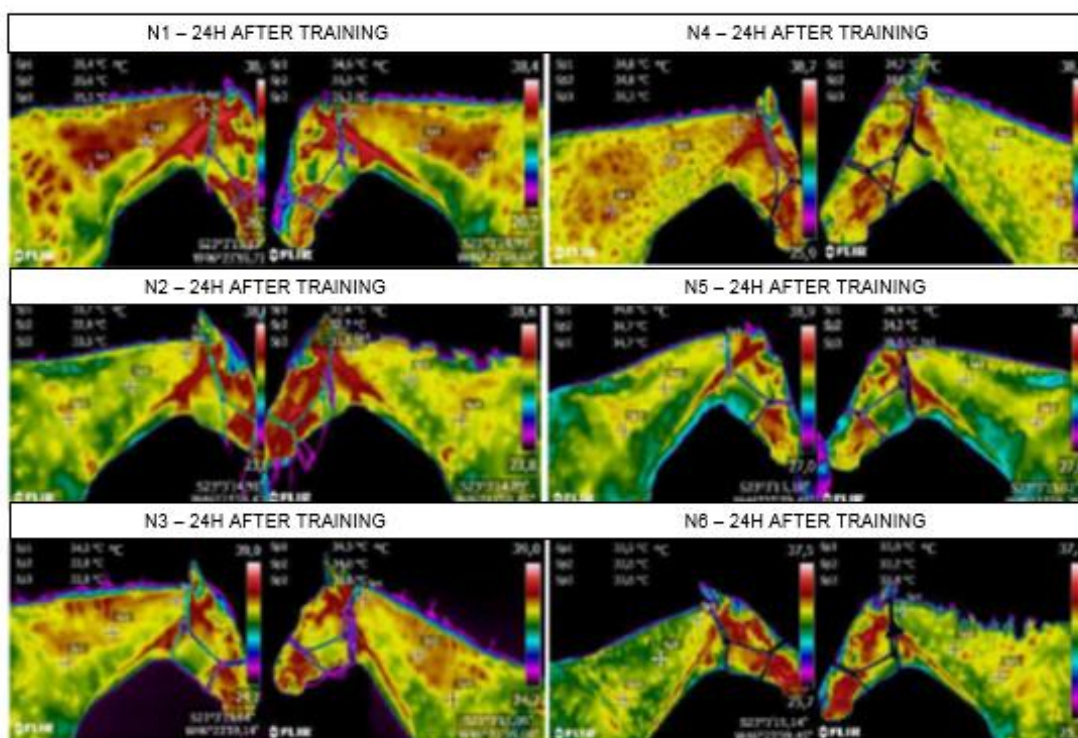


Figure 7

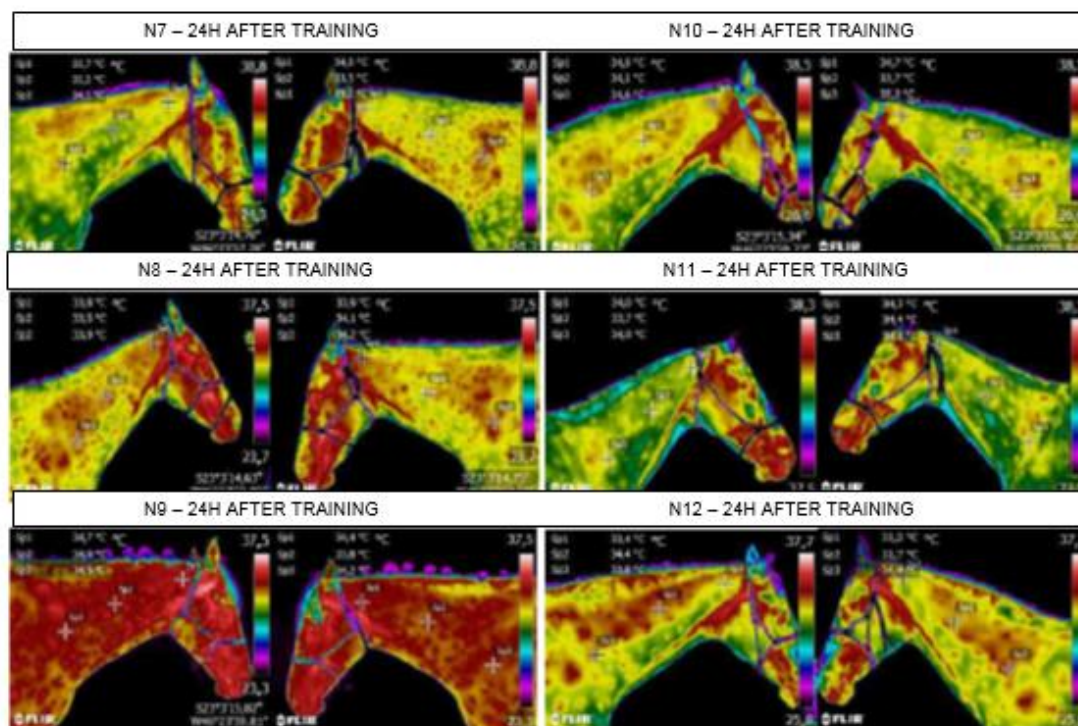
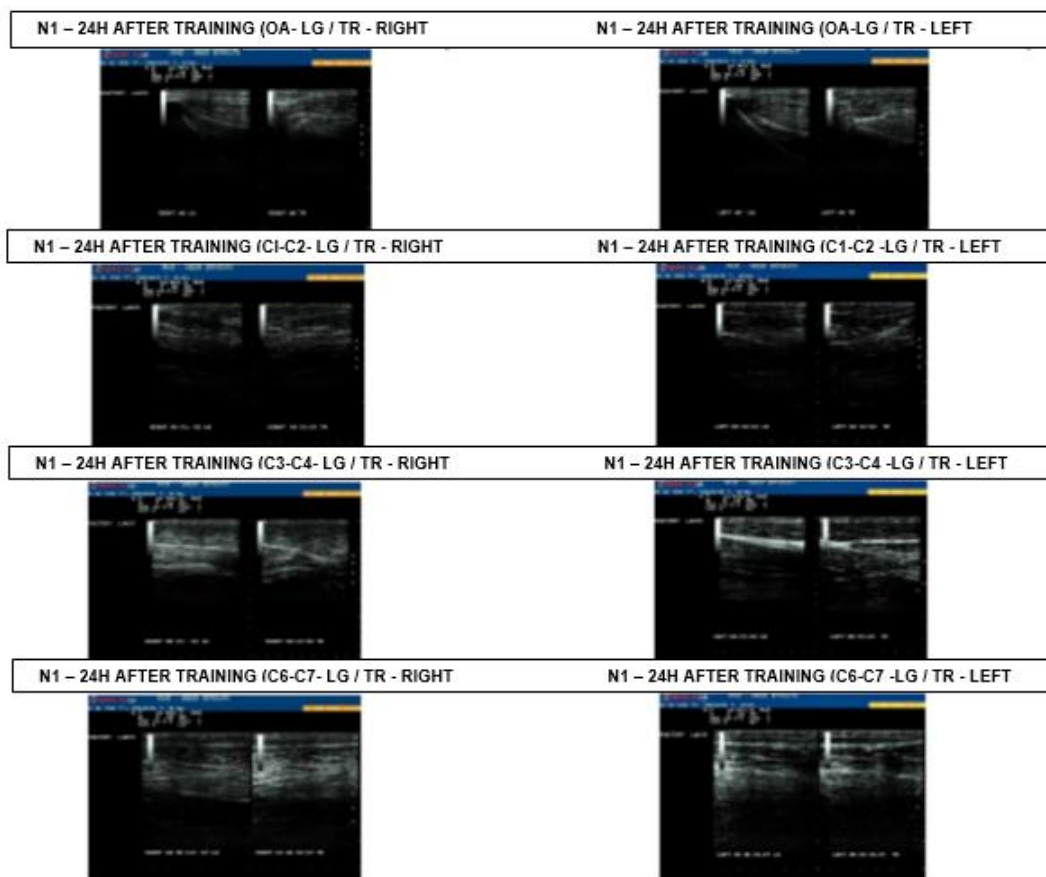


Figure 8

**Figure 9**

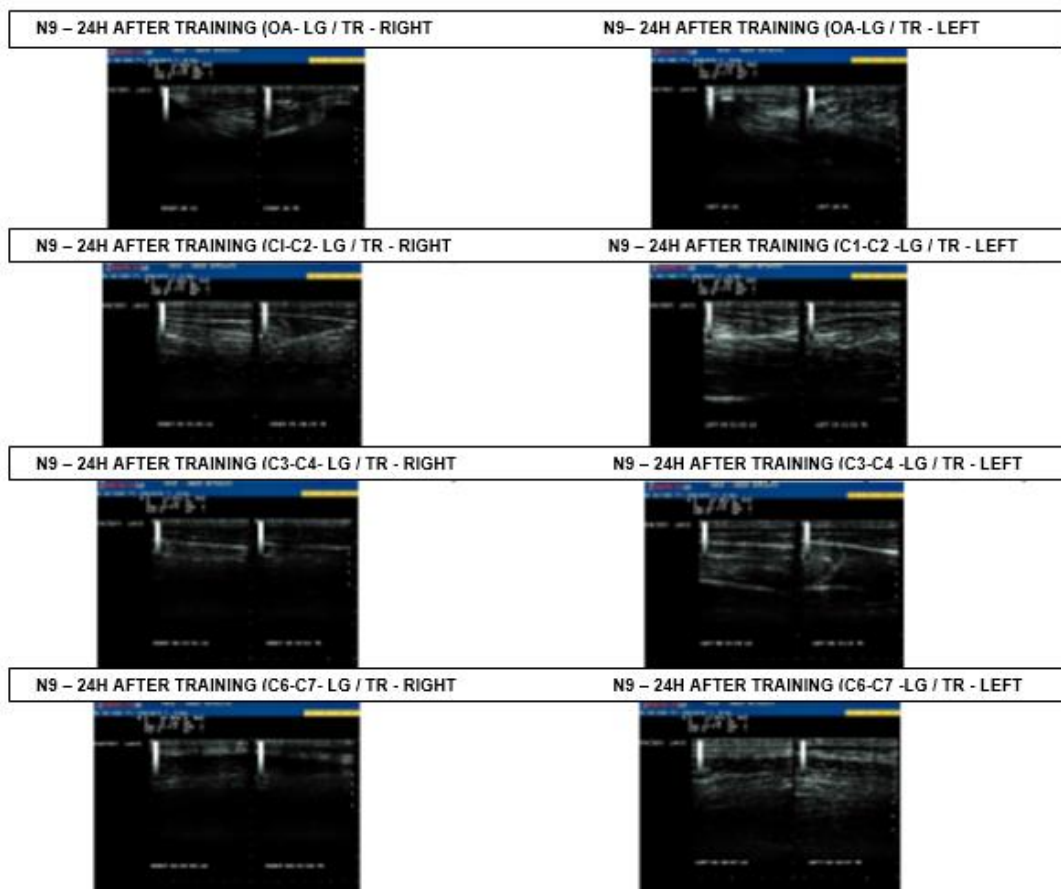


Figure 10