

## O ultra-som terapêutico de 1 MHz, na dose de 0,5 W cm<sup>-2</sup>, sobre o tecido ósseo de cães avaliado por densitometria óptica em imagens radiográficas

The 1 MHz therapeutic ultrasound, in doses of 0.5W cm<sup>-2</sup>, on dog's bone tissue evaluated through optic densitometry in radiographic images

Douglas Severo Silveira<sup>I\*</sup> Ney Luis Pippi<sup>II</sup> Fabiano Séllos Costa<sup>I</sup> Lorena Adão Vescovi<sup>III</sup>  
Laura Monteiro de Castro Conti<sup>III</sup> Andréia Weiss<sup>I</sup> Gilson Fernandes da Silva<sup>IV</sup>  
Romildo Rocha Azevedo Júnior<sup>III</sup> Fabrício de Vargas Arigony Braga<sup>V</sup>  
Luiz Carlos Vulcano<sup>VI</sup> Evandro Favarato<sup>VII</sup> Jair da Costa Júnior<sup>VII</sup>

### RESUMO

As lesões tendíneas nas extremidades distais dos membros estão entre as mais frequentes alterações do aparelho locomotor na rotina clínico-cirúrgica humana e animal e, não raro, necessitam de terapias adjuvantes para seu completo retorno às funções fisiológicas. O ultra-som terapêutico (UST) é a modalidade mais utilizada nas clínicas de reabilitação para tratar lesões tendíneas, mas devido à falta ou à divergências de estudos específicos sobre seus efeitos no tecido ósseo, sua utilização sobre as regiões distais dos membros, ricas em protuberâncias ósseas e áreas desprovidas de cobertura muscular, sempre preocuparam os profissionais da área médica. No intuito de esclarecer os efeitos do UST sobre o tecido ósseo, seis cães receberam tratamento ultra-sônico contínuo, de 1MHz, durante cinco minutos diários, por um período de 20 dias sobre a região craniodistal do rádio e da ulna. A intensidade do UST aplicada foi de 0,5W cm<sup>-2</sup> no membro torácico direito, ficando o membro contralateral como controle. A região distal de ambos os membros torácicos foi radiografada para análise de densitometria óssea em imagens radiográficas, antes do início da terapia e ao final do tratamento. Não houve alterações significativas de densidade mineral óssea entre os membros tratados e os controles. Conclui-se que dentro dos parâmetros utilizados no experimento a utilização do UST em regiões ósseas protuberantes ou desprovidas de cobertura muscular pode ser feita com segurança.

**Palavras-chave:** reabilitação, fisioterapia veterinária, densidade mineral óssea.

### ABSTRACT

Tendon lesions on distal extremities of the limbs are among the most frequent alterations of the locomotor system in the human and animal clinic-surgery routine, and frequently need supplementary therapy for the complete recovery of the physiologic functions. The therapeutic ultrasound (TUS) is the mostly used apparatus in rehabilitation clinics to treat tendon lesions, but due to the lack or the divergence on specific studies about its effects in bone tissues, the use of TUS in distal regions of the members, which are rich in bony protuberances and muscle-less areas, always concern the medical professionals. For the purpose of enlightening the TUS effects on bone tissue, six dogs received a continuous ultrasound treatment of 1MHz for 5 minutes per day on distal-skull area of radio and ulna during 20 days. The TUS intensity applied was 0.5W cm<sup>-2</sup> in the right thoracic member leaving out the counter-lateral member for control. Before the beginning and in the end of the treatment, the distal area of both thoracic members were radiographed for analysis of bone densitometry in radiographic images. There wasn't any significant alteration in bone mineral density between the treated members and the control members. Based on the parameters used in this experiment one can conclude that the use of TUS in bony protuberances and muscle-less areas can be done with safety.

**Key words:** rehabilitation, veterinary physiotherapy, bone mineral density.

<sup>I</sup>Departamento de Medicina Veterinária (DMV), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Rua Joaquim Hildebrando de Carvalho, 51, Bairro Colina, 29500-000, Alegre, ES, Brasil. E-mail: dssevero@yahoo.com.br.

\*Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Departamento de Clínica de Pequenos Animais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>III</sup>Centro Universitário Vila Velha (UVV), Vila Velha, ES, Brasil.

<sup>IV</sup>Departamento de Engenharia Florestal, CCA, UFES, Alegre, ES, Brasil.

<sup>V</sup>UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>VI</sup>Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP), Botucatu, SP, Brasil.

<sup>VII</sup>Univçosa, Viçosa, MG, Brasil.

## INTRODUÇÃO

Na rotina clínico-cirúrgica, da medicina humana e animal, são freqüentes as alterações do aparelho locomotor, e seu completo retorno às funções fisiológicas têm merecido atenção de clínicos, ortopedistas e fisioterapeutas, pois não raro necessitam de adjuvantes para acelerar seu completo retorno à função (RAISER, 2000).

Entre as alterações de locomoção mais freqüentes em animais, estão as lesões tendíneas localizadas nas porções distais dos membros (BUTLER, 1985; KUMAR et al., 1998).

Existem diversos métodos e práticas fisioterápicas que auxiliam e aceleram a recuperação funcional dos tecidos, como o ultra-som terapêutico (UST), método amplamente utilizado na clínica de fisioterapia humana (MORAES, 1999; FERNANDES, 2001) e em grande ascensão no tratamento de animais acometidos por lesões do aparelho locomotor.

Em média, o tempo de aplicação do ultra-som terapêutico é de quatro a 10 minutos por área (KOTTKE & LEHMANN, 1994; PAULA, 1994) e os protocolos utilizados no tratamento tendíneo preconizam intensidades entre 0,5 e 1 Watt centímetro<sup>-2</sup> (W cm<sup>-2</sup>) (RAMIREZ et al., 1997; SAINI et al., 2002; SILVEIRA, 2003). O aumento da intensidade não pode compensar a diminuição do tempo de tratamento porque os efeitos produzidos pelas duas variedades são diferentes (PAULA, 1994).

Por suas características biofísicas, o UST sofre alterações ao passar pelos tecidos tratados, das quais pode-se citar: atenuação, absorção, refração e reflexão. A absorção acontece em nível molecular quando a energia vibracional é transformada em energia molecular ou em movimentos aleatórios. Proteínas são as que mais absorvem as ondas sonoras. Esta absorção resulta em aquecimento do tecido, então tecidos com alto conteúdo protéico (ossos e tendões) se aquecem muito mais que tecidos adiposos ou epiteliais (KOTTKE & LEHMANN, 1994; LONGO, 1996; MOROS et al., 2004).

Pouca reflexão ultra-sônica ocorre entre as camadas de tecidos moles, ao contrário do que ocorre na superfície do osso (interface perióstio/osso), onde até 40% da onda poderá ser refletida e 60% absorvida. A energia total no perióstio será igual à incidência recebida, acrescida da onda refletida na interface perióstio/osso (mais 40%). Isso também causa ondas transversais no perióstio, as quais também ajudam a aumentar a temperatura local. Como no perióstio não existe o efeito de resfriamento proporcionado pela corrente sanguínea, esta situação levará a um

superaquecimento do local e conseqüentemente a dor ao paciente (NCRP, 1983; KOTTKE & LEHMANN, 1994; LONGO, 1996; MOROS et al., 2004).

A refração é o desvio da onda de som nas várias interfaces dos tecidos. A onda de som penetrará no tecido ou na interface a um ângulo (incidência) e sai destes tecidos ou interfaces em um ângulo diferente (refração) (KOTTKE & LEHMANN, 1994; LONGO, 1996).

O osso é um tecido metabolicamente ativo e, sob condições normais de remodelamento, a formação óssea e a remodelação no esqueleto adulto são formidavelmente acopladas de maneira que a formação óssea final equivale a sua reabsorção final (KAPLAN, 1995). Este processo dinâmico do osso sofre adaptação às diversas solicitações externas. Em um local onde as tensões mecânicas sofridas passem a ser mais elevadas, existirá a deposição de matéria óssea, enquanto que, onde as tensões sejam diminuídas, haverá absorção do tecido ósseo (TRABUCHO, 2006).

Para DUARTE & XAVIER (1983), as propriedades do UST se assemelham a este processo natural de crescimento e remodelação óssea, pois, quando as ondas atingem o osso por uma sucessão de impulsos, cada um deles resulta em uma resposta em forma de um sinal elétrico do osso, alterando-o bioeletricamente.

Almejando alcançar respostas positivas por parte desta propriedade do tecido ósseo, vários autores utilizaram UST para tratar lesões ósseas acidentais ou experimentais nas mais diversas espécies. No entanto, apesar dos constantes e inúmeros estudos, a ação do UST sobre o reparo tecidual ainda é pouco compreendida, sendo seu uso muitas vezes fundamentado na experiência prática, o que resulta em procedimentos errôneos e dificulta a popularização da técnica (GRAY, 1994; YOUNG, 1998; LIRANI & LAZARETTI-CASTRO, 2005; SANTOS et al., 2005).

SANTOS et al. (2005) encontraram queimaduras nas regiões tratadas com UST no modo contínuo em doses consideradas altas (1 e 2W cm<sup>-2</sup>), o que além de prejudicar o crescimento ósseo normal em coelhos. BROMILEY (1993) também cita a ocorrência de fraturas, destruição das superfícies articulares e necrose tecidual, após o tratamento de animais por pessoas não-qualificadas. Essas complicações são atribuídas pelo autor ao uso do ultra-som terapêutico em intensidades inadequadas ou sobre estruturas para as quais seu uso é contra-indicado.

A presença de osso no caminho da irradiação de ultra-som sempre aumentou as preocupações, tanto em diagnóstico como em aplicações terapêuticas (MOROS et al., 2004) porque podem ser induzidas

elevações de temperatura significativas próximo à interface tecido mole/osso, devido ao fato de o ultra-som ser altamente absorvido no tecido ósseo e de haver a reflexão de ondas irradiadas. Além disso, a interferência destas ondas pode resultar em um aumento brusco da intensidade irradiada (NCRP, 1983; MOROS et al., 2004). Por consequência, na terapia ultra-sônica térmica, a presença de osso no caminho das ondas de ultra-som é considerada a principal desvantagem e normalmente é evitada (MOROS et al., 2004).

Há vários estudos sobre o UST no reparo ósseo, mas essencialmente estas publicações mostram um benefício consistente quando utilizadas baixas intensidades (<0,1W cm<sup>-2</sup>) com UST pulsado (WATSON, 2007). O uso de baixas intensidades não tem demonstrado um aumento significativo de temperatura nos tecidos envolvidos, já com o uso de altas intensidades pode haver efeitos adversos no sítio de fratura (WATSON, 2007). Apesar desta afirmação, é difícil saber qual a dose de energia necessária para estimular a osteogênese em diferentes estados biológicos como, por exemplo, no osso normal, no atraso de consolidação ou no indivíduo com osteoporose. Há, ainda, a falta de dados de segurança e possíveis maneiras de sensibilizar a resposta biológica à estimulação mecânica e elétrica sobre as várias qualidades do osso (LIRANI & LAZARETTI-CASTRO, 2005).

A avaliação da densidade mineral óssea é um parâmetro biofísico de grande importância experimental e clínico, podendo auxiliar o profissional de saúde a compreender e avaliar melhor o processo de mineralização óssea (LOUZADA et al., 1997). Segundo COSTA (2002), diferentes técnicas têm sido utilizadas para a determinação da densidade mineral óssea.

A densitometria mineral óssea por imagens radiográficas é uma técnica não-invasiva e tem como vantagens o baixo custo, a rapidez e a simplicidade de execução em comparação com as demais técnicas utilizadas (LOUZADA, 1994; VULCANO et al., 1997; COSTA, 2002; 2006), além de mostrar-se confiável, associando uma alta precisão com sensibilidade e reprodutibilidade de resultados (VULCANO et al., 1997).

A técnica de densitometria óptica em imagem radiográfica consiste em avaliação por programas computacionais, que processam as imagens radiográficas do paciente, nas quais devem estar associadas a imagem de uma escala de alumínio (*phantom*) como referencial densitométrico, fornecendo assim um valor densitométrico final (COSTA, 2006).

Há escassez de trabalhos científicos que relatam o efeito do ultra-som terapêutico sobre o tecido ósseo sadio, assim como seus possíveis efeitos colaterais quando aplicado sobre outros tecidos em regiões ósseas desprovidas de cobertura muscular ou adiposa. Mesmo os relatos científicos da utilização do ultra-som terapêutico para reparação de fraturas e pseudo-artroses são conflitantes ou inconsistentes. Seja devido aos resultados encontrados que vão do aceleração da consolidação da fratura até o atraso na consolidação óssea e a formação de pseudo-artroses; ou devido à ampla possibilidade de protocolos a serem realizados, com o uso de diversas dosimetrias, diferentes frequências ou ainda pela falta de confiabilidade dos relatos apresentados (KITCHEN & PARTRIDGE, 1990).

Sendo o ultra-som terapêutico, o procedimento mais utilizado em fisioterapia, e as lesões tendíneas nos membros as afecções mais tratadas com ele, é esperado que, nas extremidades distais dos membros, desprovidos de cobertura muscular, o tecido ósseo receba grande parte das ondas ultra-sônicas destinadas ao tendão.

Pelas propriedades apresentadas pelo ultra-som terapêutico, é de grande importância, para clínicos, ortopedistas e fisioterapeutas, conhecer seus possíveis efeitos sobre o tecido ósseo sadio. Isso porque o sobre-aquecimento na interface periósteo/osso, assim como um estímulo desigual às células responsáveis pelo remodelamento ósseo, associado, muitas vezes, a membros que tendem a ficar imobilizados por longos períodos de recuperação, podem levar a sérios danos ou a traumas ósseos.

Face às considerações efetuadas, o objetivo desse trabalho foi avaliar, por meio da densitometria óptica em imagens radiográficas, os efeitos do UST de 1MHz na dose de 0,5W cm<sup>-2</sup> sobre o tecido ósseo sadio da região distal de rádio de cães.

## MATERIAL E MÉTODOS

Seis cães, sendo três machos e três fêmeas, sem raça definida, clinicamente sadios, provenientes do Centro de Controle de Zoonoses de Cachoeiro do Itapemirim, Espírito Santo, (ES), foram desverminados, submetidos a exames clínico e hematológico e adaptados, por um período de 12 dias, ao consumo de ração comercial e ao canil do Hospital Veterinário do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES.

Após o período de adaptação, os animais, com idade estimada entre um e seis anos e pesando ao redor de 12kg, tiveram ambos os membros torácicos

tricotomizados semanalmente entre a região cranioproximal do rádio e ulna e a região dorso-distal do carpo para receberem o tratamento ultra-sônico.

O membro torácico direito (MTD) recebeu tratamento ultra-sônico de 1 megahertz (MHz) com  $0,5\text{W cm}^{-2}$  de intensidade, por cinco minutos diários, durante um período de 20 dias. O modo de aplicação foi o contínuo não-estacionário, utilizando-se o gel à base de água como meio acoplador e um cabeçote de  $1\text{cm}^2$  de área efetiva de radiação (ERA). O membro torácico esquerdo (MTE) recebeu procedimento semelhante, porém, com o aparelho de UST desligado, ficando assim como controle.

A terapia ultra-sônica foi efetuada com um aparelho de ultra-som terapêutico da marca Ibramed<sup>®a</sup>, modelo Sonopulse Special, microcontrolado, de 1 e 3MHz de frequência, com cabeçote de 1 e  $3,5\text{cm}^2$  de ERA.

A mensuração da densidade mineral óssea foi realizada pela técnica de densitometria óptica em imagem radiográfica. Para este procedimento, foi necessária a realização de radiografia em projeção craniocaudal de cada um dos membros torácicos dos animais, abrangendo a região distal do rádio e da ulna.

Foram realizados exames radiográficos de cada animal um dia antes do começo do tratamento ultra-sônico (Ti) e no 20<sup>o</sup> dia de tratamento (Tf). As imagens foram obtidas em filmes radiográficos de  $24 \times 30\text{cm}$ , da marca KODAK<sup>®b</sup>, em chassis equipados

em écran de terras raras. Paralelamente e distante 3cm do membro radiografado, foi colocada uma escala de alumínio ("phanton") na porção centro-lateral do chassi, que serviu como referencial densitométrico. A escala de alumínio é constituída de 20 degraus, sendo o primeiro com 0,5mm de espessura, variando em seguida 0,5mm a cada degrau, os quais possuem uma área de  $225\text{mm}^2$  cada.

Foi utilizado um aparelho de raios-X da marca Omega<sup>®c</sup>, modelo 100/100 T. O aparelho foi posicionado a uma distância foco-filme de 90cm e mantida uma quilovoltagem fixa de 65KVP para todos os animais, enquanto que a miliamperagem por segundo foi determinada de acordo com a espessura da região avaliada em cada animal, sendo 0,02 segundos o tempo mínimo de exposição e 0,05 o máximo. As radiografias foram reveladas em uma processadora automática padrão.

As imagens radiográficas (Figura 1) foram encaminhadas à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, SP, para serem digitalizadas por meio de um scanner de mesa e avaliadas pelo programa computacional Cromox<sup>®</sup> 3.1 Vet, obtendo-se assim o resultado densitométrico de cada animal medido em milímetros de alumínio (mmAl).

A região radiográfica avaliada pelo programa computacional foi uma área predeterminada da metáfise distal do rádio, 5mm proximal à cicatriz epifisária,

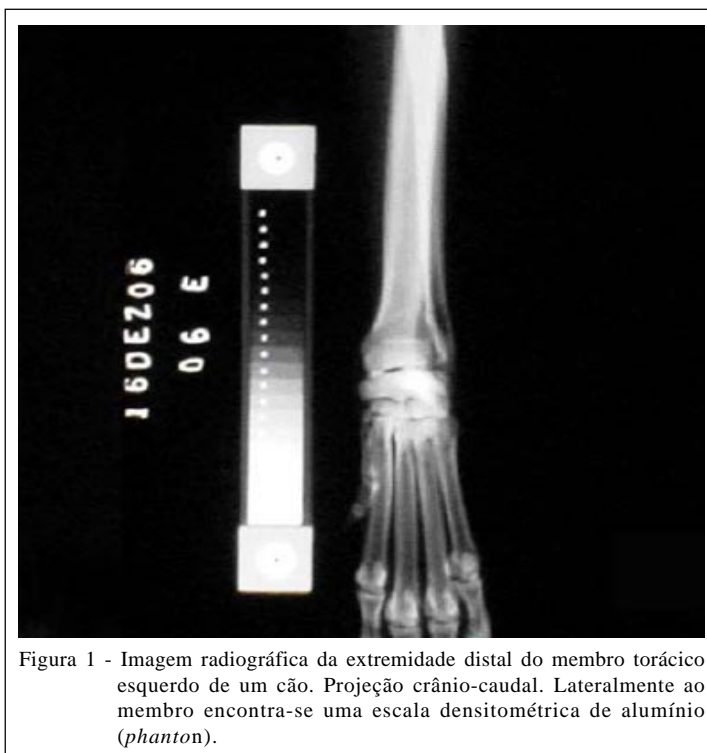


Figura 1 - Imagem radiográfica da extremidade distal do membro torácico esquerdo de um cão. Projeção crânio-caudal. Lateralmente ao membro encontra-se uma escala densitométrica de alumínio (phantom).

utilizando a escala de alumínio e os tecidos moles, adjacentes à área avaliada, para comparação de densidade óssea. Foram realizadas três leituras consecutivas de cada região avaliada para obtenção de um valor médio densitométrico.

Além dos exames radiográficos, os animais foram pesados no dia anterior ao início do tratamento (Ti) e ao final do tratamento (Tf), com a finalidade de descartar variações na densidade mineral óssea ocasionadas por alterações no peso corpóreo dos animais.

Os dados obtidos na densitometria e na pesagem dos animais foram tabulados e receberam tratamento estatístico por meio do programa (*Statistical Package for Social Science (SPSS<sup>®</sup>)*, versão 14.0. Foram utilizados o teste de “t” pareado para a comparação das médias de cada variável, nos dois tempos. Foi fixado o nível de significância de 5% para os testes estatísticos

O presente trabalho seguiu os Princípios Éticos da Experimentação Animal do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, são apresentadas as médias obtidas na densitometria óptica em imagem radiográfica e as respectivas análises estatísticas entre Ti e Tf e, assim como a média do peso corpóreo dos animais, não apresentaram diferenças estatísticas.

A utilização do ultra-som terapêutico na reabilitação de humanos e animais vem sendo estudada há várias décadas em diferentes tipos de tecidos orgânicos, *in vivo* ou *in vitro*, por inúmeros autores, porém, ainda há uma busca por explicações técnicas e fisiológicas de sua capacidade de alterar o metabolismo orgânico (GRAY, 1994; YOUNG, 1998; SILVEIRA, 2003; LIRANI & LAZARETTI-CASTRO, 2005; SANTOS et al., 2005).

A presença do tecido ósseo sadio no caminho da irradiação ultra-sônica de tecidos moles

ainda é motivo de preocupações por conta de suas características de atenuação, absorção, reflexão e refração (NCRP, 1983; KITCHEN & PARTRIDGE, 1990; KOTTKE & LEHMANN, 1994; PAULA, 1994; LONGO, 1996; MOROS et al., 2004;) que, segundo NCRP (1983) e MOROS et al. (2004), são acentuadas nas interfaces do tecido ósseo, produzindo efeitos adversos nos tecidos circunvizinhos.

A onda ultra-sônica que é refratada nas interfaces teciduais (KOTTKE & LEHMANN, 1994; LONGO, 1996) pode ocasionar a irradiação conjunta ou acidental de tecidos adjacentes ao tecido tratado, com propriedades diferentes destes. Tal situação fica bem evidenciada nos tratamentos tendíneos das extremidades distais dos membros, onde se encontra uma fraca ou nenhuma cobertura muscular ou adiposa entre o tendão a ser tratado e o tecido ósseo adjacente.

A frequência, a intensidade, o tempo e o modo de aplicação do UST utilizados no presente estudo são os mais frequentes quando do tratamento de lesões tendíneas (KOTTKE & LEHMANN, 1994; PAULA, 1994; RAMIREZ et al., 1997; SAINI et al., 2002; SILVEIRA, 2003), lesões que ocorrem principalmente nas extremidades distais dos membros (BUTLER, 1985; KUMAR et al., 1998), áreas desprovidas de cobertura muscular ou adiposa.

A densitometria óptica em imagem radiográfica mostrou-se de fácil realização e fundamental para a avaliação da estrutura mineral óssea, como já observado por LOUZADA (1994), LOUZADA et al. (1997), VULCANO et al. (1997), VULCANO (2001) e COSTA (2002 e 2006). Os resultados das análises não apresentaram variações estatísticas, mostrando que, para o período avaliado e a dose aplicada, não houve alterações na densidade óssea. Como após o 20º dia de aplicação o tratamento é cessado e não há mais estímulos ultra-sônicos sobre o tecido ósseo, pode-se então supor que não haverá modificações teciduais posteriores ao período avaliado causadas pelo UST.

Tabela 1 - Peso dos animais (kg) e valores médios obtidos na densitometria óptica em imagem radiográfica (mmAl). Comparativo entre o momento inicial (Ti) e o momento final do tratamento (Tf).

	Peso (kg)			-----Densitometria (mmAL)-----					
				Membro torácico direito (MTD)			Membro torácico esquerdo (MTE)		
	Média	±DP	P	Média	±DP	P	Média	±DP	P
Ti	12,7	5,6	-	2,3	0,3	-	2,3	0,3	-
Tf	12,5	5,0	0,627	2,3	0,2	0,890	2,3	0,2	0,483

diferença significativa (P<0,05).  
±DP: desvio padrão.

Os resultados obtidos na densitometria mineral óssea utilizada não mostraram prejuízo ao metabolismo ósseo como os relatados por SANTOS et al. (2005), quando utilizaram doses maiores que 0,5W/cm<sup>2</sup>. Com os resultados obtidos neste estudo, é possível afirmar que o UST de 1MHz, contínuo, em intensidade de 0,5W cm<sup>-2</sup> por cinco minutos diários, durante 20 dias, não é suficiente para causar alterações ou danos sensíveis à densidade mineral óssea.

Aliado a este resultado, o fato de que durante o experimento nenhum animal mostrou desconforto, sinais de queimaduras, ou reação de dor aos tratamentos efetuados, como os relatados por NCRP (1983), BROMILEY (1993), KOTTKE & LEHMANN (1994), PAULA (1994), LONGO (1996), MOROS et al. (2004) e SANTOS et al. (2005), permite afirmar que o modo, a frequência e as intensidades ultra-sônicas aplicadas neste estudo são seguros ao tecido ósseo, quando utilizadas para tratamento de lesões em tecidos moles, em áreas com eminências ósseas ou desprovidas de cobertura muscular.

## CONCLUSÃO

Na vigência dos resultados obtidos e para os parâmetros utilizados no presente experimento, conclui-se que a utilização do ultra-som terapêutico em regiões ósseas desprovidas de cobertura pode ser utilizada com segurança.

## FONTES DE AQUISIÇÃO

<sup>a</sup>IBRAMED, Industria Brasileira de equipamentos médicos: <http://www.ibramed.com.br/>

<sup>b</sup>Kodak Health Group: [www.kodak.com.br](http://www.kodak.com.br)

<sup>c</sup>Raicenter equipamentos radiológicos Ltda: [www.raicenter.com.br](http://www.raicenter.com.br)

<sup>d</sup>SPSS Inc: [www.spss.com/](http://www.spss.com/)

## REFERÊNCIAS

- BROMILEY, M.W. **Equine injury, therapy and rehabilitation**. 2.ed. Oxford: Blackwell, 1993. 208p.
- BUTLER, H.C. Surgery of tendinous injuries and muscle injuries. In: NEWTON, C.D.; NUNAMAKER, D.M. (Eds.). **Textbook of small animal orthopedics**. Philadelphia: Lippincott, 1985. Cap.6, p.835-842.
- COSTA, F.S. **Tirotoxicose experimental em gatos: efeitos sobre o tecido ósseo, isoenzimas da fosfatase alcalina e metaloproteínas de matriz-2 e -9**. 2006. 132f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Curso de Doutorado em Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.
- \_\_\_\_\_. **Tirotoxicose experimental em gatos: efeitos sobre o tecido ósseo, níveis séricos de fosfatase alcalina e metabolismo de cálcio e fósforo**. 2002. 97f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Curso de Mestrado em Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.
- DUARTE, L.R.; XAVIER, C.A.M. Estimulação ultra-sônica do calo ósseo. **Revista Brasileira de Ortopedia**, Rio de Janeiro, v.18, n.3, p.73-80, 1983.
- FERNANDES, M.A.L. **Avaliação dos efeitos do ultra-som terapêutico sobre lesões experimentais do tendão flexor digital superficial em equinos: estudo clínico, ultrasonográfico e histopatológico**. 2001. 67f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Curso de Mestrado em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.
- GRAY, P. Physiotherapy. In: \_\_\_\_\_. **Lameness**. London: Allen, 1994. Cap.12, p.220-226.
- KAPLAN, F.S. Prevention and management of osteoporosis. **Clin Symp**, Summit, v.47, n.1, p.2-32, 1995.
- KITCHEN, S.S.; PARTRIDGE, C.J. Therapeutic ultrasound: a revision. **Physiotherapy**, London, v.76, n.10, p.593-600, 1990.
- KOTTKE, F.J.; LEHMANN, J.F. **Tratado de medicina física e reabilitação de krusen**. 4.ed. São Paulo: Manole, 1994. 1303p.
- KUMAR, N. et al. Tendon surgery in animals: a review. **Indian J Vet Surg**, India, v.19, n.2, p.75-83, 1998.
- LIRANI, A.P.R.; LAZARETTI-CASTRO, M. Evidências da ação de agentes físicos sobre o metabolismo do tecido ósseo e seus potenciais usos clínicos. **Arq Bras Endocrinol Metab**, São Paulo, v.49, n.6, p.891-6, 2005.
- LONGO, G.J. **Ultra-som**. São Paulo: KLD, 1996. 52p.
- LOUZADA, M.J.K.Q. **Otimização da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas em peças ósseas – estudo in vitro**. 1994. 191f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campinas.
- LOUZADA, M.J.K.Q. et al. Densidade de peças ósseas de frango. Estudo pela densitometria óptica radiográfica. **Vet Zootec**, São Paulo, v.9, p.95-109, 1997.
- MORAES, J.P. **Os efeitos do ultra-som terapêutico sobre a cicatrização de tendões flexores digitais profundos em cães**. 1999. 34f. Monografia (Especialização em Fisioterapia Músculo-Esquelética) – Curso de Especialização em Fisioterapia, Universidade de Cruz Alta.
- MOROS, E.G. et al. Thermal contribution of compact bone to intervening tissue-like media exposed to planar ultrasound. **Phys Med Biol**, London, v.49, n.6, p.869-886, 2004.
- NCRP Reports. **Biological effects of ultrasound: Mechanisms and clinical implications**. Bethesda: National Council on Radiation Protection and Measurements, 1983. n.74. 261p.
- PAULA, J.L. Ultra-som terapêutico: considerações gerais. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v.7, n.1, p.9-16, 1994.

- RAISER, A.G. **Homoimplante ortotópico de tendão calcâneo comum, conservado em glicerina a 98%, e tratado com radiação laser Arseneto de Gálio, sob dois métodos de imobilização, em cães.** 2000. 88f. Tese (Doutorado em cirurgia) – Curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria.
- RAMIREZ, A. et al. The effect of ultrasound on collagen synthesis and fibroblasts proliferation *in vitro*. **Med Sci Sports Exerc**, Hagerstown, v.29, n.3, p.326-332, 1997.
- SAINI, N.S. et al. A preliminary study on the effect of ultrasound therapy on the healing of surgically severed Achilles tendon in five dogs. **J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med**, Berlim, n.49, p.321-328, 2002.
- SANTOS, C.A. et al. Influência do ultra-som terapêutico na epífise de crescimento ósseo de coelhos. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v.12, n.2, p.13-21, 2005.
- SILVEIRA, D.S. **O ultra-som terapêutico no processo cicatricial de tendões flexores digitais superficiais de cães.** 2003. 60f. Dissertação. (Mestrado em Medicina Veterinária) – Curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade de Santa Maria.
- TRABUCHO, L. A estrutura óssea do fêmur. **Teias matemáticas**: comunicações. Capturado em 03 nov. 2006. Online. Disponível em: <<http://www.mat.uc.pt/2000/teias/ltrabucho.html>> .
- VULCANO, L.C. **Determinação e padronização dos valores normais da densidade mineral óssea (DMO) do carpo acessório de eqüinos em crescimento da raça Puro Sangue Inglês (PSI) por meio da densitometria óptica radiográfica.** 2001. 52f. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.
- VULCANO, L.C. et al. Valores normais da densidade óssea do carpo ulnar em potros em crescimento da raça Quarto de Milha através da densitometria óptica radiográfica. **A Hora Veterinária**, Porto Alegre, v.17, n.100, p.52-54, 1997.
- WATSON, T. Effect of therapeutic ultrasound in fracture healing. **Electrotherapy on the web**, Hatfield. Jan 2007. Capturado em 07 jan. 2007. Online. Disponível em: <http://www.electrotherapy.org/electro/ultrasound/ultrasound%20fracture.htm>> .
- YOUNG, S. Terapia por ultra-som. In: KITCHEN, S.; BAZIN, S. **Eletroterapia**. 10.ed. São Paulo: Manole, 1998. Cap.15, p.235-257.