

Avaliação densitométrica dos efeitos do ultra-som terapêutico contínuo, na dose de 1 W/cm², sobre o tecido ósseo de cães

Douglas Severo Silveira¹
Ney Luis Pippi²
Fabiano Séllos Costa¹
Andréia Weiss¹
Laura Monteiro de Castro Conti³
Lorena Adão Vescovi³
Fabrício de Vargas Arigony Braga⁴
Luiz Carlos Vulcano⁵

RESUMO

As lesões tendíneas nas extremidades distais dos membros estão entre as mais freqüentes 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, entretanto pela falta ou pelas 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 crânio-distal do rádio e ulna. A intensidade do UST aplicada foi de 1 W/cm² no membro torácico direito, ficando o membro contra-lateral 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

Densitometric evaluation of effects of continuous therapeutic ultrasound at doses of 1 W/cm² on dog's bone tissue

Tendon lesions on distal extremities of limbs are among the most frequent alterations of the locomotor system in human and animal clinic-surgery routine, and frequently need supplementary therapy for the complete recovery of its physiological functions. Therapeutic ultrasound (TUS) is the mostly used device in rehabilitation clinics to treat tendon lesions. However, the lack or divergences on specific studies about the effects on bone tissues, the use of TUS

Recebido para publicação em junho de 2006 e aprovado em outubro de 2008

¹ Universidade Federal do Espírito Santo; Centro de Ciências Agrárias; Departamento de Medicina Veterinária; Alto Universitário, s/nº, Bairro Guararema, Alegre, ES, 29500-000. dssevero@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Santa Maria; Departamento de Pequenos Animais; Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, E-mails: 97105-900. ney.pippi@pq.cnpq.br, fabianosellos@hotmail.com, andreiaweiss@yahoo.com.br

³ Centro Universitário Vila Velha; Rua Comissário José Dantas de Melo, 21, Bairro Boa Vista, Vila Velha, ES, 29102-770. E-mail: lovescovi@hotmail.com

⁴ laurinhamec@hotmail.com

⁵ Faculdade de Itapiranga; Rua Carlos Kummer, 100, Bairro Universitário, Itapiranga, SC, 89896-000

⁵ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; Distrito de Rubião Junior, Centro, Botucatu, SP, 18618-000. E-mail: vulcano@fmvz.unesp.br

in distal regions of the limbs, which are rich in bony protuberances and muscleless areas, always concern medical professionals. In order to clarify TUS effects on bone tissues, six dogs received a continuous ultrasound treatment at 1MHZ for 5 minutes a day on the cranial-distal region of radius and ulna during 20 days. TUS at 1 W/cm² was applied on the right forelimb, with the - contralateral limb as control. Before the beginning and at the end of the treatment, the distal region of both thoracic limbs were radiographed for analysis of bone densitometry in radiographic images. There wasn't any significant alteration in bone mineral density between the treated 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 is a safe procedure.

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

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 às vezes necessitam de adjuvantes para acelerar seu completo retorno à funcionalidade (Raiser, 2000).

Dentre 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 dez minutos por área (Kottke & Lehmann, 1994; Paula, 1994) e os protocolos utilizados no tratamento tendíneo preconizam intensidades entre 0,5 e 1 W/cm² (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 variações são diferentes (Paula, 1994).

Por suas características biofísicas, o UST sofre alterações físicas 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. As proteínas são as que mais absorvem as ondas sonoras. Esta absorção resulta em aquecimento do tecido, e 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%). Isto também causa ondas transversais no perióstio, por sua vez também ajudam a aumentar a temperatura local. Como no perióstio não há o efeito de resfriamento proporcionado pela corrente sanguínea, esta situação levará a um superaquecimento do local e conseqüente 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 interface a um ângulo (ângulo de incidência) e sai destes tecidos ou interfaces em um ângulo diferente (ângulo de refração) (Kottke & Lehmann, 1994; Longo, 1996), o que pode ocasionar a irradiação conjunta ou acidental de tecidos adjacentes ao tecido tratado, com propriedades diferentes deste. Tal situação fica bem evidenciada nos tratamentos tendíneos das extremidades distais dos membros, em que se encontra uma fraca ou nenhuma cobertura muscular ou adiposa entre o tendão a ser tratado e o tecido ósseo adjacente.

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). Alterações nessa homeostasia esquelética podem, entretanto, ocorrer por vários motivos (Kaplan *et al.*, 1994).

Este processo dinâmico do osso foi descrito em 1892 pelo fisiologista Julius Wolff, que afirma que o tecido ósseo sofre adaptação às diversas solicitações externas. Em um local onde as tensões mecânicas sofridas pelo osso passem a ser mais elevadas, existirá a deposição de matéria óssea, enquanto que, nos locais onde as tensões sejam diminuídas, haverá uma absorção do tecido ósseo (Trabucho, 2006).

As propriedades piezelétricas foram descobertas nos cristais em 1880 (Duarte & Xavier, 1983; Becker, 1985). Basicamente a piezeletricidade de um material é observada quando este material produz, sob carga mecânica, uma polarização elétrica, convertendo, portanto, a energia mecânica em energia elétrica; este é o efeito piezelétrico

direto. Se inverter o processo, isto é, se aplicar um campo elétrico a um material piezelétrico, este se deformará mecanicamente, produzindo assim um efeito piezelétrico inverso (Duarte & Xavier, 1983)

Experiências *in vitro* demonstraram que o tecido ósseo também é piezelétrico (Duarte & Xavier, 1983; Becker, 1985). As propriedades de um perfeito transdutor de energia contidas nos ossos e a presença de cargas elétricas são vitais tanto para seu crescimento e remodelamento, como para seu reparo em caso de fraturas. Estas cargas elétricas são geradas nos ossos por cargas mecânicas, como o próprio peso da pessoa, a deambulação, a corrida, até mesmo em repouso. Para todos estes estímulos mecânicos, o osso apresenta uma resposta elétrica que, por sua vez, ativa a divisão celular, mantendo o equilíbrio entre remodelagem e absorção (Duarte & Xavier, 1983; Lirani & Lazaretti-Castro, 2005).

Para Duarte & Xavier (1983), um fato interessante a respeito do UST é que ele se assemelha 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 piezelétrica do tecido ósseo, vários autores utilizaram UST para tratar lesões ósseas incidentais ou experimentais nas mais diversas espécies. E 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 2 W/cm²) além de prejuízos ao 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 de irradiação de ultra-som sempre elevou as preocupações, tanto em diagnóstico como em aplicações terapêuticas (Moros *et al.*, 2004), porque podem ser induzidas elevações de temperatura significantes, próximo a interface tecido mole/osso, pelo fato de o ultra-som ser altamente absorvido no tecido ósseo e de haver a reflexão de ondas irradiadas. A interferência destas ondas pode resultar em um aumento brusco da intensidade irradiada (NCRP, 1983; Moros *et al.*, 2004). Por conseqüência, na terapia ultra-sônica térmica, a pre-

sença 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 (< 0,1 W/cm²) com UST pulsado (Watson, 2007). O uso de baixas intensidades causa um aumento não significativo de temperatura nos tecidos envolvidos, enquanto o uso de altas intensidades pode levar a 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 osteoporótico. 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 clínica, podendo auxiliar o profissional de saúde a compreender e avaliar melhor o processo de mineralização óssea (Louzada *et al.*, 1997). Segundo Costa (2002), na medicina humana e veterinária, 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, rapidez e 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 mediante 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 sobre o efeito do ultra-som terapêutico no 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 aceleramento da consolidação da fratura até ao atraso na consolidação óssea e na formação de pseudo-artroses; seja 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 alterações 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, pois o sobreaquecimento na interface periósteo/osso, assim como um estímulo desigual às células responsáveis pelo remodelamento ósseo, associados, muitas vezes, a membros que tendem a ficar imobilizados por longos períodos de recuperação, pode levar a sérios danos e ou traumas ósseos.

Face a essas considerações este trabalho objetiva avaliar os efeitos do UST sobre o tecido ósseo sadio da região distal do rádio de cães.

MATERIAL E MÉTODOS

Seis cães, machos ou fêmeas, sem raça definida, clinicamente sadios, provenientes do Centro de Controle de Zoonoses de Cachoeiro do Itapemirim, ES, foram desverminados, submetidos a exames clínicos e hematológicos 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, Alegres, ES.

Após o período de adaptação, os animais, com idade estimada entre um e seis anos e pesando aproximadamente 12 kg, tiveram ambos os membros torácicos tricotomizados semanalmente entre a região crânio-proximal do rádio/ulna e a região dorso-distal do carpo, para receberem o tratamento ultra-sônico.

O membro torácico esquerdo (MTE) recebeu tratamento ultra-sônico de 1 MHz com 1 W/cm² 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 a base de água como meio acoplador e um cabeçote de 1 cm² de área efetiva de radiação (ERA). O membro torácico direito (MTD) 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^{®5} modelo Sonopulse Special, microcontrolado, de 1 e 3 MHz de frequência, com cabeçote de 1 e 3,5 cm² 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 crânio-caudal de cada um dos membros torácicos dos animais, abrangendo a região distal do rádio e ulna.

Foram realizados exames radiográficos de cada animal um dia antes do começo do tratamento ultra-sônico (Ti) e no 20º dia de tratamento (Tf). As imagens foram obtidas em filmes radiográficos de 24x30 cm, da marca KODAK^{®6}, em chassis equipados em écran de terras raras. Paralelamente e distante a 3 cm do membro radiografado, foi colocada uma escala de alumínio (“phantom”) na porção centro-lateral do chassi, que serviu como referencial densitométrico.

A escala de alumínio é constituída de 20 degraus, sendo o primeiro com 0,5 mm de espessura, variando em seguida 0,5 mm a cada degrau, os quais possuem uma área de 225 mm² cada.

Foi utilizado um aparelho de raios-X da marca Omega^{®7}, modelo 100/100 T. O aparelho foi posicionado a uma distância foco-filme de 90 cm e mantida uma quilovoltagem fixa de 65 KVp 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 então 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^{®3.1} Vet, obtendo-se assim o resultado densitométrico de cada animal, medidos em milímetros de alumínio (mmAl).

A região radiográfica avaliada pelo programa computacional foi a da metáfise distal do rádio, 5 mm proximal à cicatriz epifisária, utilizando-se da escala de alumínio e dos 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 pesagem dos animais foram tabulados e receberam tratamento estatístico por meio do programa SPSS^{®8} (Statistical Package for Social Science), versão 14.0 para Windows. Foi utilizado o teste de “t” pareado para a comparação das médias de cada variável, nos dois tempos e 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) e ao seu final os animais foram encaminhados para programas de adoção.

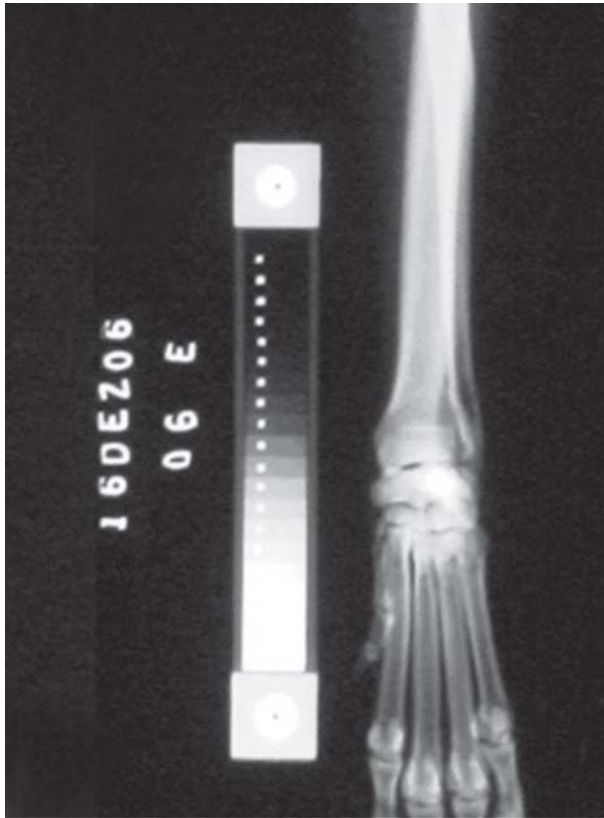


Figura 1. Radiografia da extremidade distal do membro torácico esquerdo de um cão. Projeção crânio-caudal. Lateralmente ao membro encontra-se uma escala densitométrica de alumínio (“phantom”).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentadas as médias obtidas na densitometria óptica em imagem radiográfica e respectivas análises estatísticas entre Ti e Tf, assim como a média do peso corpóreo dos animais que 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 (NCRP, 1983; Moros *et al.*, 2004), 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 são acentuadas nas interfaces do tecido ósseo, produzindo efeitos adversos (NCRP, 1983; Moros *et al.*, 2004).

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), as quais ocorrem principalmente nas extremidades distais dos membros (Butler, 1985; Kumar *et al.*, 1998), regiões 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 (Louzada, 1994; Louzada *et al.*, 1997; Vulcano *et al.*, 1997; Vulcano, 2001; Costa, 2002 e 2006). Os resultados não apresentaram variações estatísticas, mostrando que para o período avaliado e dose aplicada não houve alterações na densidade óssea. Como após o 20º dia de aplicação, não há mais irradiação, ou seja, não há mais estímulos sobre o tecido ósseo, pode-se supor que não haverá modificações teciduais posteriores causadas pelo UST.

Os resultados obtidos na densitometria mineral óssea estudada, não coincidem com os relatos de Santos *et al.* (2005) que afirmam que o UST contínuo em doses maiores que 0,5 W/cm² é deletério ao tecido ósseo. Com os resultados obtidos neste estudo, é possível afirmar que o UST de 1MHz, contínuo, em intensidade de 1 W/cm² 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

Tabela 1. Valores médios obtidos na densitometria óptica em imagem radiográfica e peso dos animais. 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	12,9	3,6	-	2,2	0,3	-	2,1	0,2	-
Tf	12,9	3,6	0,981	2,2	0,2	0,410	2,2	0,2	0,403

diferença significativa (p<0,05)

que o modo, a frequência e as intensidades ultra-sônicas aplicadas neste estudo são seguros ao tecido ósseo, quando utilizados para tratamento de lesões em tecidos moles em áreas com eminências ósseas ou desprovidas de cobertura muscular.

CONCLUSÃO

Observando os resultados obtidos e para os parâmetros utilizados no presente experimento, é pertinente concluir que a aplicação do ultra-som terapêutico em regiões ósseas desprovidas de cobertura é segura.

REFERÊNCIAS

- Becker RO (1985) *The body electric*. New York, Quill. 1985. 365p.
- Bromiley MW (1993) *Equine injury, therapy and rehabilitation*, 2nd ed. Oxford, Blackwell Publishers. 208p.
- Butler HC (1985) Surgery of tendinous injuries and muscle injuries. In: Newton CD, Nunamaker DM (Eds.). *Textbook of small animal orthopedics*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. p.835-842.
- Costa FS (2006) Tirotoxicose experimental em gatos: efeitos sobre o tecido ósseo, isoenzimas da fosfatase alcalina e metaloproteínas de matriz -2 e -9. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". 132p.
- Costa FS (2002) Tirotoxicose experimental em gatos: efeitos sobre o tecido ósseo, níveis séricos de fosfatase alcalina e metabolismo de cálcio e fósforo. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". 97p.
- Duarte LR, Xavier CAM (1983) Estimulação ultra-sônica do calo ósseo. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 18:73-80.
- Fernandes MAL (2001) Avaliação dos efeitos do ultra-som terapêutico sobre lesões experimentais do tendão flexor digital superficial em equinos: estudo clínico, ultra-sonográfico e histopatológico. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. 67p.
- Gray P (1994) *Physiotherapy*. In: Gray P *Lameness*. London, JA Allen. p.220-226.
- Kaplan FS (1995) Prevention and management of osteoporosis. *Clinical Symposium*, 47:2-32.
- Kaplan FS, Hayes WC, Keaveny TM, Boskey A, Einhorn TA & Lannotti JP (1994) Form and function of bone. In: Simon SR, Wilson J (Ed) *Orthopaedic basic science*. Rosemont, American Academy of orthopaedic surgeons. p.127-184.
- Kitchen SS, Partridge CJ (1990) Therapeutic ultrasound: a revision. *Physiotherapy*, 76:593-600.
- Kottke FJ, Lehmann JF (1994) *Tratado de Medicina Física e Reabilitação de Krusen*. São Paulo, Editora Manole. 1303p.
- Kumar N, Shing GR & Sharma AK (1998) Tendon Surgery in animals: a review. *Indian J Vet Surg*, 19:75-83.
- Lirani APR, Lazaretti-Castro M (2005) Evidências da ação de agentes físicos sobre o metabolismo do tecido ósseo e seus potenciais usos clínicos. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, 49:891-896.
- Longo GJ (1996) *Ultra-som*. São Paulo, KLD. 52p.
- Louzada MJQ (1994) Otimização da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas em peças ósseas – estudo "in vitro". Tese de doutorado. Universidade Federal de Campinas. 191p.
- Louzada MJQ, Pela CA, Belangero WD & Santos-Pinto R (1997) Densidade de peças ósseas de frango. Estudo pela densitometria óptica radiográfica. *Revista Veterinária e Zootecnia*, 9:95-109.
- Moraes JP (1999) Os efeitos do ultra-som terapêutico sobre a cicatrização de tendões flexores digitais profundos em cães. Monografia de especialização. Universidade de Cruz Alta. 34p.
- Moros EG, Novak P, Straube WL, Kolluri P, Yablonskiy DA & Myerson RJ (2004) Thermal contribution of compact bone to intervening tissue-like media exposed to planar ultrasound. *Physics in Medicine and Biology*, 49:869-886.
- NCRP Reports (1983) *Biological effects of ultrasound: Mechanisms and clinical implications*. Bethesda, National Council on Radiation Protection and Measurements, 74:1-261.
- Paula JL (1994) Ultra-som terapêutico: considerações gerais. *Fisioterapia em Movimento*, 7:9-16.
- Raiser AG (2000) 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. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. 88p.
- Ramirez A, Schwan JA, McFarland C & Satarcher B (1997) The effect of ultrasound on collagen synthesis and fibroblasts proliferation in vitro. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29:326-332.
- Saini NS, Roy KS, Bansal PS, Singh B & Simran PS (2002) A preliminary study on the effect of ultrasound therapy on the healing of surgically severed Achilles tendon in five dogs. *Journal of Veterinary Medicine. A Physiology, Pathology, Clinical Medicine*, 49:321-328.
- Santos CA, Fialho HSA, Pinto JA & Alves MTS (2005) Influência do ultra-som terapêutico na epífise de crescimento ósseo de coelhos. *Fisioterapia e Pesquisa*, 12:13-21.
- Silveira DS (2003) O ultra-som terapêutico no processo cicatricial de tendões flexores digitais superficiais de cães. Dissertação de mestrado. Universidade de Santa Maria. 60p.
- Trabucho L (2006) A estrutura óssea do fêmur. Teias matemáticas: comunicações. Disponível em: <<http://www.mat.uc.pt/2000/teias/ltrabucho.html>> Acesso: 03 nov. 2006.
- Vulcano LC (2001) Determinação e padronização dos valores normais da densidade mineral óssea (DMO) do carpo acessório de equinos em crescimento da raça Puro Sangue Inglês (PSI) por meio da densitometria óptica radiográfica. Tese de Livre Docência. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". 52p.
- Vulcano LC, Ciarlini LRP, Muniz LMR & Caldas ELC (1997) 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*, 17:52-54.
- Watson T (2007) Effect of Therapeutic Ultrasound in Fracture Healing. *Electrotherapy on the web*. Disponível em: <http://www.electrotherapy.org/electro/ultrasound/ultrasound%20fracture.htm>> Acessado: 07 jan 2007.
- Young S (1998) Terapia por ultra-som. In: Kitchen S, Bazin S *Eletroterapia*. 10 ed. São Paulo, Editora Manole, p.235-257.