

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

AVALIAÇÃO POR ULTRASSONOGRRAFIA
QUANTITATIVA DO OSSO TERCEIRO METACARPIANO
DE EQUINOS ATLETAS TRATADOS COM ONDAS DE
CHOQUE EXTRACORPÓREA

MARCELO DAMAS PYLES

Botucatu – SP
Maio 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

AVALIAÇÃO POR ULTRASSONOGRRAFIA
QUANTITATIVA DO OSSO TERCEIRO METACARPIANO
DE EQUINOS ATLETAS TRATADOS COM ONDAS DE
CHOQUE EXTRACORPÓREA

MARCELO DAMAS PYLES

Tese apresentada junto ao Programa de
Pós-Graduação em Medicina Veterinária
para obtenção do título de Doutor

Orientadora: Profa. Dra. Ana Liz Garcia
Alves

Botucatu – SP
Maio 2009

Marcelo Damas Pyles

Botucatu, 27 de maio de 2009.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profa. Dra. Ana Liz Garcia Alves

Prof. Dr. Carlos Alberto Hussni

Prof. Ass. Dra. Elisa Holthausen Caminoto

Prof. Ass. Dra. Luciane Rasera

Profa. Ass. Dra. Vânia Maria Vasconcelos Machado

***À Elen Silvia Carvalho Siqueira Pyles,
pelo amor constante, pelo carinho, pela
grande colaboração na elaboração deste
trabalho.***

Por sua dedicação como esposa e mãe, dedico...

A Deus, que me revestiu de forças e aperfeiçoou o meu caminho.

Ao equino, minha fonte de inspiração para a realização deste estudo e também co-responsável pelo nosso sustento.

Ao Mateus e à Sofia, responsáveis pela minha alegria e imenso prazer em ser pai!

Aos meus pais Ana Lúcia e Celso Pyles.

Aos meus irmãos João, Luciana e Mariana.

À grande amiga Profa. Dra. Ana Liz Garcia Alves, por todos os ensinamentos, pela confiança em mim, pela disposição em me ajudar a qualquer momento, pela orientação, sugestões e amizade.

AGRADECIMENTOS

Aos docentes Armen Thomassian, Carlos Alberto Hussni e José Luiz de Mello Nicoletti, por tudo que aprendi com o nosso convívio.

Aos colegas e funcionários do Departamento de Cirurgia e Radiologia Veterinária, pela atenção e disposição em colaborar.

À Fernanda da Cruz Landim e Alvarenga e Marco Antônio Alvarenga, pelo incentivo mútuo, pelos agradáveis momentos, pela amizade.

À Maria Manoela Chagas, por trabalharmos juntos em harmonia sempre.

Ao Paulo José Pyles Cicchi, pelo companheirismo.

À Oldete Corçatto, pelo seu carinho oferecido ao Mateus e Sofia em meus dias de ausência.

Aos colegas que acreditaram e estimularam minha formação profissional, José Aldo Moraes e Ricardo Peixoto Summa.

À minha segunda família: José Siqueira, filhos, genro, nora e netos.

Às amigas professoras Vânia Maria V. Machado e Brunna Patrícia A. Fonseca, que de formas diferentes contribuíram e foram essenciais para que esse trabalho pudesse ser realizado.

Ao amigo Marcos Jun Watanabe, pelo convívio e pela ajuda profissional.

À Profa. Lídia Raquel de Carvalho, por todas as análises estatísticas. Pela atenção e disponibilidade a qualquer momento.

Às bibliotecárias Rosemary Cristina da Silva, pelas correções nas referências bibliográficas e Sulamita Selma Clemente Colnago, pela elaboração da ficha catalográfica.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Valores referentes à velocidade ultrassonográfica (SOS) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Controle nos momentos D0, D21, D42 e D72.....	25
TABELA 2: Valores referentes à velocidade ultrassonográfica (SOS) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Tratamento nos momentos D0, D21, D42 e D72.....	26
TABELA 3: Valores referentes à massa (Z-Score) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Controle nos momentos D0, D21, D42 e D72.....	26
TABELA 4: Valores referentes à massa (Z-Score) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Tratamento nos momentos D0, D21, D42 e D72.....	27
TABELA 5: Valores referentes ao risco de fratura (Risk) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Controle nos momentos D0, D21, D42 e D72.....	27
TABELA 6: Valores referentes ao risco de fratura (Risk) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Tratamento nos momentos D0, D21, D42 e D72.....	28
TABELA 7: Médias e desvios-padrões referentes à variável SOS segundo momentos e grupos.....	28
TABELA 8: Médias e desvios-padrões referentes à variável Z-Score segundo momentos e grupos.....	30
TABELA 9: Médias e desvios-padrões referentes à variável Risk segundo momentos e grupos.....	31

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Demonstração da transmissão e recepção das ondas ultrassonográficas em uma única sonda.....	13
FIGURA 2: Módulo de Young.....	17
FIGURA 3: Sequência de imagens do terceiro metacarpiano.....	20
FIGURA 4: Sequência de imagens do aparelho Sunlight Equus e acessórios...21	
FIGURA 5: Caixas para transporte do aparelho portátil para ESWT e suas sondas.....	23
FIGURA 6: Sondas para aplicação da ESWT.....	23
FIGURA 7: Aparelho e sonda para aplicação da ESWT, montados para o momento de utilização.....	23
FIGURA 8: Local de aplicação da ESWT em terceiro metacarpiano de equinos do Grupo Tratamento.....	23
FIGURA 9: Média e desvio padrão referentes à variável SOS segundo momentos e grupos.....	29
FIGURA 10: Média e desvio padrão referentes à variável Z-Score segundo momentos e grupos.....	30
FIGURA 11: Média e desvio padrão referentes à variável Risk segundo momentos e grupos.....	31

LISTA DE ABREVIações

BMP4 = bone morphogenetic protein 4

BMP7 = bone morphogenetic protein 7

kV = quilovolts

MPa = mega Pascals

mJ/mm² = mili Joule/milímetro quadrado

ns = nanosegundo

m/s = metro/segundo

PSI = Puro Sangue Inglês

QUS = ultrassonografia quantitativa

RISK = risco de fratura

SOS = velocidade ultrassonográfica

TGF- β = fator de crescimento transformante β

TGF- β 1 = fator de crescimento transformante β 1

Z-Score = massa

% = por cento

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DA LITERATURA.....	3
1. Tecido ósseo.....	3
2. Terapia extracorpórea por ondas de choque.....	4
2.1 Efeitos das ondas de choque.....	7
2.2 Vantagens e efeitos colaterais das ondas de choque.....	8
2.3 Osteogênese e remodelamento ósseo na ESWT.....	9
3. Elasticidade óssea.....	11
4. Ultrassonografia quantitativa.....	12
OBJETIVO.....	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	19
1. Animais.....	19
2. Delineamento experimental.....	19
2.1 Avaliação pré-aplicação da ESWT.....	20
2.1.1 Determinação da elasticidade e densidade mineral ósseas.....	21
2.2 Aplicação da ESWT.....	22
3. Análise estatística.....	24
RESULTADOS.....	25
DISCUSSÃO.....	32
CONCLUSÕES.....	38
BIBLIOGRAFIA.....	39
TRABALHO CIENTÍFICO.....	50

RESUMO

Marcelo Damas Pyles. Avaliação por ultrassonografia quantitativa do osso terceiro metacarpiano de equinos atletas tratados com ondas de choque extracorpóreas. Botucatu, 2009, 72 páginas. Tese doutorado. UNESP – FMVZ.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da aplicação de ondas de choque extracorpóreas no osso terceiro metacarpiano de equinos hípidos através da determinação da elasticidade óssea. Para tanto, foram utilizados 20 equinos da raça Puro Sangue Inglês, machos e fêmeas, com dois anos de idade, clinicamente sadios e em início de treinamento, sendo selecionados quanto ao estado de hígidez com especial atenção quanto à integridade do aparelho locomotor. No D0, dia zero do experimento, todos os animais foram submetidos à avaliação da elasticidade óssea realizada no osso terceiro metacarpiano. Os animais foram divididos aleatoriamente em dois grupos de dez animais em cada (Grupo Controle e Grupo Tratamento). A aplicação da terapia com ondas de choque extracorpóreas (ESWT) foi realizada no membro torácico direito dos animais do Grupo Tratamento, na região coincidente à da avaliação da elasticidade óssea e para tanto foi utilizado aparelho para terapia de ondas extracorpóreas com densidade de fluxo de energia de $0,15 \text{ mJ/mm}^2$ e 2000 pulsos com sonda E6R20, com a característica do foco da onda de choque de 20mm. As aplicações da ESWT foram repetidas a cada 21 dias totalizando três sessões (D0, D21 e D42). A análise da determinação da elasticidade óssea, além do D0, foi realizada no 21º dia após a primeira aplicação, no 21º dia após a segunda aplicação e no 30º dia após a terceira aplicação de ESWT (D21, D42 e D72). A média da velocidade ultrassonográfica (SOS) diferiu entre os grupos no D21, D42 e D72, sendo que os animais do Grupo Tratamento apresentaram menor densidade mineral óssea após as aplicações da ESWT. Houve diferença também à análise da massa óssea (Z-Score) entre os grupos no D21 e D42, quando os animais do Grupo Tratamento apresentaram diminuição significativa da massa óssea. O risco de fratura apresentou-se maior nos animais do Grupo Tratamento no D21. Concluiu-se que a ESWT é capaz de promover alteração da densidade mineral óssea.

.

PALAVRAS-CHAVE: equinos, terceiro metacarpiano, ondas de choque extracorpóreas, elasticidade óssea.

ABSTRACT

Marcelo Damas Pyles. Assessment by quantitative ultrasound in third metacarpus bone of athletes equine treated with extracorporeal shock waves. Botucatu, 2009, 72p. PhD Thesis. UNESP – FMVZ.

The purpose of this study was to evaluate the effects of extracorporeal shock waves in third metacarpus bone from healthy horses by determination of bone elasticity. It were used 20 Thoroughbred horses, male and female, with two years old, clinically healthy and on top of training, selected as healthy state and special attention on the integrity of the locomotor system. At D0, day zero of the experiment, all animals were submitted to evaluation of bone elasticity held in the third metacarpus bone. The animals were randomly divided into two groups of ten animals (Control Group and Treatment Group). The application of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) was performed on the right forelimb of the animals in the Treatment group in the same location evaluated for bone elasticity and extracorporeal therapy of waves was applied with $0.15\text{mJ}/\text{mm}^2$ energy flux density and 2000 pulses with E6R20 probe, with focus feature of the shock wave of 20mm. The applications of ESWT were repeated every 21 days, a total of three sessions (D0, D21 and D42). The analysis of bone elasticity determination was realized at D21, D42 and D72. The average speed ultrasound (SOS) differed between groups at D21, D42 and D72, and the animals from treatment group had lower bone mineral density after applications of ESWT. There was also difference in the analysis of bone mass (Z-Score) between the groups at D21 and D42, where animals from treatment group showed a significant decrease in bone mass. The risk of fracture were higher in animals from treatment group at D21. It was concluded that ESWT is able to promote change in bone mineral density.

KEY WORDS: equine, third metacarpus, extracorporeal shock wave, bone elasticity.

INTRODUÇÃO

As lesões no sistema músculo-esquelético são as causas mais comuns de queda de desempenho em equinos atletas e, frequentemente responsável pelo seu afastamento permanente da atividade atlética. Neste sentido, inúmeras pesquisas são realizadas a fim de disponibilizar ao campo da medicina esportiva equina informações imprescindíveis para o avanço relacionado aos vários aspectos envolvidos, tais como a etiologia, o diagnóstico, a epidemiologia, a prevenção e o tratamento das enfermidades do aparelho locomotor dos equinos.

Durante o período de treinamento, que geralmente ocorre antes da conclusão de sua maturidade esquelética, os equinos atletas são submetidos a grande estresse físico, o que pode contribuir para o surgimento de alterações ósseas e articulares principalmente em seus membros.

Grande interesse para os estudos fisiológicos e patológicos dos equinos destinados às atividades esportivas se difundiu mundialmente a partir do século XVII, quando foram realizadas as primeiras corridas equestres em Newmarket (Reino Unido) e Nova York (Estados Unidos da América). Os estudos científicos dos equinos atletas foram direcionados para a investigação de fatores genéticos determinantes no sucesso atlético, na otimização dos métodos de treinamento, preparo e resistência do animal e também para as avaliações e tratamentos das lesões ósseas e articulares consequentes dos treinamentos e corridas (KIDD et al., 1976).

Frequentemente são diagnosticadas em equinos de corrida periosteíte, fraturas por estresse e fissuras do osso terceiro metacarpiano, acometendo principalmente animais jovens com elevado desempenho atlético em velocidade (RICHARDSON, 1984).

Mccarthy e Jeffcott (1991) relataram que durante o treinamento atlético ocorre adaptação óssea, a qual é de extrema importância para o desempenho do animal e para a prevenção das enfermidades ósseas e articulares dos membros, necessitando-se, então, de avaliações contínuas da elasticidade e densidade óssea dos animais atletas submetidos a diferentes tipos de treinamentos.

Recentemente a utilização da terapia por ondas de choque extracorpóreas tem sido descrita como forma de tratamento para várias lesões do sistema esquelético dos equinos atletas, principalmente através da observação da volta à atividade atlética e na melhora do grau de claudicação. Alguns estudos comprovaram a sua eficácia na prática clínica, porém poucas pesquisas foram publicadas utilizando grupos experimentais em condições controladas.

Portanto, o presente estudo avaliou o efeito da aplicação de ondas de choque extracorpóreas no terceiro metacarpiano de equinos hígidos através da determinação da elasticidade e densidade mineral ósseas.

REVISÃO DA LITERATURA

1. Tecido ósseo

O esqueleto tem funções essenciais no organismo, incluindo proteção de órgãos internos, facilitação da ação muscular e movimento do corpo, é local para inserção dos músculos e armazenamento de cálcio e fósforo. Dois tipos de ossos formam o esqueleto adulto, o osso cortical, de consistência compacta e rígida, o qual forma as diáfises dos ossos longos, e osso trabecular (esponjoso), componente da maioria dos esqueletos axiais e epífises dos ossos longos (SHTEYER et al., 1990).

As propriedades mecânicas mais importantes do osso são rigidez e resistência. Para tanto, o tecido ósseo é composto por 30% de material orgânico e 70% de material inorgânico. A matriz orgânica do osso atua como suporte estrutural para deposição e cristalização de sais inorgânicos, onde 21% do peso do osso corresponde à matriz orgânica, 71% à materiais inorgânicos e 8% à água. Aproximadamente 95% da matriz orgânica é composta por colágeno, sendo o colágeno tipo I o predominante. O colágeno é a única ultra-estrutura que tem excelente resistência na tensão (KIRKER-HEAD, 1996). Já o material inorgânico é representado primariamente pelo cálcio e fosfato, principalmente na forma de pequenos cristais que se assemelham aos cristais sintéticos de hidroxiapatita. Porém, no tecido ósseo tais cristais são extremamente menores comparados com os cristais geológicos de apatitas. Além do cálcio e fósforo o osso mineral contém carbonato, magnésio, flúor e citrato em quantidades variáveis. Esta estrutura do osso – hidroxiapatita em íntimo contato com a matriz orgânica – é responsável por sua resistência mecânica (REMEDIOS, 1999; LEGEROZ, 2002).

As células osteogênicas responsáveis pela renovação e remodelamento ósseo incluem os osteoblastos, os osteócitos e os osteoclastos. Os osteoblastos são originados das células mesenquimais indiferenciadas localizadas na camada interna do periósteo e na medula óssea e são encontrados nos sistemas harverianos, onde há formação de osso. Os osteoblastos depositam o ostéoide ou matriz óssea desmineralizada, composta

de fibras colágenas tipo I e proteoglicanos em fileira ao longo da superfície óssea. Os osteoblastos rodeiam estas fileiras e controlam o transporte de substrato, incluindo cálcio e fosfato, provenientes do espaço extracelular para o veio do ostéide. Com o progresso do veio, as porções subjacentes tornam-se mineralizadas. Os osteoblastos produzem também a fosfatase alcalina, a qual inicia a mineralização da matriz. Aproximadamente 10% dos osteoblastos tornam-se encapsulados na matriz sendo chamados de osteócitos. Estas células são alojadas individualmente em lacunas e seus processos citoplasmáticos se irradiam para fora através de canais conhecidos como canalículos. Processos vindos de cada osteócito comunicam-se com outros osteócitos. Os osteócitos são primariamente responsáveis pela manutenção da matriz óssea. Os osteoclastos são células largas multinucleadas derivadas das células pluripotenciais da medula óssea. Sua função é a reabsorção óssea nas áreas de remodelação ativa. Possuindo uma alta taxa metabólica, o osso está em um contínuo estado de remodelação com simultânea formação óssea osteoblástica e reabsorção osteoclástica (BANKS, 1991; REMEDIOS, 1999).

2. Terapia Extracorpórea por Ondas de Choque

Na medicina humana, a litotripsia extracorpórea por ondas de choque é um procedimento terapêutico de efeito comprovado para o tratamento de cálculos renais. Nos últimos anos, a terapia extracorpórea por ondas de choque (extracorporeal shock waves therapy - ESWT) tem sido utilizada para enfermidades ortopédicas em humanos, principalmente nas tendinopatias e desmopatias de inserção crônica, refratárias à outras terapias convencionais (HAUPT, 1997; BOENING et al., 2000), com efeito analgésico clinicamente significativo, ou ainda nas fraturas com não união e pseudoartroses, com resultados controversos (VALCHANOU e MICHAILOV, 1991; SCHADEN et al., 2001). A ESWT tem sido aplicada amplamente no tratamento de enfermidades ortopédicas e músculo-esqueléticas. A ESWT envolve perturbações mecânicas que, com outras terapias físicas, pode resultar em estímulo mecânico para um grande número de células, incluindo células ósseas (MARTINI et al., 2006).

Atualmente a ESWT está sendo utilizada no tratamento de enfermidades ortopédicas específicas em humanos e em animais (McCARROLL et al., 2002). Onda de choque é definida como uma onda de pressão caracterizada por alta e rápida pressão de pico, com curta duração de pulso, seguida por rápida descompressão, atingindo a pressão negativa. As ondas de choque podem ser geradas de diferentes formas, a partir de efeitos eletrohidráulico, piezoelétrico, eletromagnético ou energia pneumática, sendo esta última geradora de ondas de pressão radiais (LÖFFELD, 2000; QUIRION, 2000).

As ondas de choque são ondas de pressão acústica criadas por um gerador e propagadas no corpo do paciente, onde exercem seus efeitos nos tecidos. Elas são caracterizadas por pressões positivas acima de 100MPa (mega Pascals), seguidas por uma rápida queda para pressões negativas de 5-10 MPa (QUIRION, 2000; OGDEN et al., 2001). Um MPa corresponde a aproximadamente 10 vezes a pressão atmosférica. Elas atingem seu pico rapidamente em 30-120ns, e sua duração de pulso é de aproximadamente 300 a 500ns, se diferenciando de outras ondas acústicas (o ultrassom, por exemplo) por sua baixa frequência, baixa absorção tecidual e a ausência de efeitos térmicos nos tecidos (BOLT, 2004; MARDER, 2005).

Ondas de choque terapêuticas se propagam sem alterações através dos fluidos e tecidos do corpo e exercem seu efeito em locais onde há alteração na resistência à passagem das ondas (impedância acústica). A energia é liberada nessas interfaces, criando forças cinéticas e de compressão na superfície do material de maior impedância. A rápida interação entre estas forças resulta em um processo chamado cavitação. Bolhas de gás microscópicas são formadas nesse processo e o colapso destas cria pequenos jatos de líquido que causam estresse local. Acredita-se que esta cavitação e produção de jatos sejam as responsáveis pelos efeitos biológicos dessa terapia (McCLURE e EVANS, 2002; BRUJAN et al., 2005).

Apesar de pouco entendimento sobre o mecanismo exato de como as ondas de choque exercem seu efeito nos tecidos, quatro fases de reação foram postuladas de ocorrer no corpo. Na fase física, ocorrem cavitações extracelulares, ionização de moléculas e aumento da permeabilidade das membranas. A fase subsequente, físico-química, consiste na interação entre os

radicais difundidos e biomoléculas liberadas pelas células estimuladas pelas ondas. Isto resulta na fase química, caracterizada por reações intracelulares e alterações moleculares nas células. A fase biológica é estabelecida se as modificações ocorridas na fase química persistirem (BOLT, 2004).

A partir de sua geração em um meio fluido, as ondas de choque são concentradas e direcionadas por reflexão em uma zona alvo no corpo, por meio de mecanismo de foco, que direciona cada onda diretamente para um ponto específico chamado ponto focal, e sua localização no paciente pode ser alterada ajustando-se a energia de partida (voltagem) do gerador ou ajustando o mecanismo de foco. Assim, a energia concentrada neste ponto é extremamente alta, sendo expressa como densidade de fluxo energético e é dada em energia por unidade de superfície de área (mJ/mm^2). Quanto mais focalizada a onda de choque, maior a densidade do fluxo no ponto de foco (BRUJAN et al., 2005; MARDER, 2005; KOSHIYAMA et al., 2006).

As ondas de choque focais são geradas iniciando-se uma onda de pressão em um meio líquido. Existem três mecanismos de geração: piezoelétrico, eletrohidráulico e eletromagnético. Sistemas piezoelétricos utilizam um material cristalino que, quando estimulados com eletricidade de alta voltagem podem expandir ou se contrair, iniciando uma onda de pressão no fluido circundante; sistemas eletromagnéticos possuem ímãs que criam campos magnéticos opostos quando uma corrente elétrica é aplicada, causando movimento em uma membrana submersa; sistemas eletrohidráulicos criam uma bolha de plasma a partir de uma faísca de alta voltagem que se expande e comprime o meio líquido circundante (McCLURE e EVANS, 2002). Apesar de estes três mecanismos possuírem ondas de formas e características energéticas diferentes, todas geram ondas de choque suficientemente intensas para exercer efeitos teciduais no ponto focal. Sistemas eletrohidráulicos e piezoelétricos portáteis foram introduzidos no mercado veterinário, para o tratamento de enfermidades ortopédicas nos equinos. Nestas unidades, as ondas de choque são geradas e refletidas em sondas manuais que são aplicadas nos membros e coluna dos equinos (BOLT, 2004).

No entanto, o mecanismo ou mecanismos de ação *in vivo* ainda permanecem incertos. Por esse motivo, previamente à utilização clínica das ondas de choque em enfermidades ortopédicas, seus efeitos nos tecidos

devem ser extensivamente investigados, principalmente em modelos animais (McCLURE e EVANS, 2002).

Até o ano de 2006 existiam duas aplicações correntes das ondas de choque em equinos. A primeira visando a osteogênese e o remodelamento ósseo nas osteoartrites e a segunda visando o tratamento de desmites e tendinites. Concomitantemente a essas linhas, era estudada a magnitude, duração e relevância clínica do efeito analgésico causado pelas ondas de choque (PAN et al., 2003; FABER et al., 2006).

Atualmente, a ESWT vem sendo utilizada para o tratamento de uma variedade de lesões músculo-esqueléticas dos equinos, como tendinites, desmites, fraturas por estresse, não-união, traumas no processo espinoso dorsal, osteoartrite, síndrome do navicular. Assim, a popularidade e a viabilidade da ESWT para o tratamento de lesões músculo-esqueléticas de equinos estão aumentando (BYRON et al., 2009).

2.1 Efeitos das ondas de choque

Os efeitos biológicos das ondas de choque são dependentes da dose utilizada, como o efeito de destruição celular em células em suspensão *in vitro*, e a influência estimulante no processo de cicatrização de tecidos lesados (KAULESAR SUKUL et al., 1993; ROMPE et al., 1997).

Wang et al. (2007a) relataram o efeito das ondas de choque na promoção seletiva do crescimento de células osteoprogenitoras da medula óssea, em diferentes doses, com efeito estimulante em doses mais baixas e efeito inibitório em doses mais altas.

Martini et al. (2003) compararam três níveis energéticos em cultura de células osteoblásticas e relataram aumento nos níveis de óxido nítrico, osteocalcina e TGF- β , além do aumento da diferenciação celular quando a aplicação foi realizada com a dose de 0,15mJ/mm² ou 14 kV. No grupo de 0,40 mJ/mm² ou 28 kV, entretanto, a viabilidade das células foi reduzida comprovando a dependência da dose para os efeitos biológicos nos tecidos e células e sua efetividade no crescimento ósseo através da diferenciação de células da medula óssea em osteoblastos e da indução do TGF- β .

Chen et al. (1995) e Wang et al. (2000; 2007a) consideraram que a promoção da osteogênese pelas ondas de choque ocorre via aumento dos osteocondrócitos e proliferação dos osteoblastos associada à indução do fator de crescimento transformador beta 1 (TGF- β 1) e expressões protéicas relacionadas ao osso. O TGF- β 1 e seu receptor têm sido comprovadamente demonstrados durante a reparação óssea.

Em um estudo clínico envolvendo 17 potros com deformidades angulares não responsivos ao tratamento conservativo, Bathe et al. (2006) utilizaram ondas de choque radiais, com dose de 3 bar de pressão, equivalente à aproximadamente 0,15mJ/mm² e 2000 pulsos, em duas a cinco aplicações com intervalos semanais, na região local de maior crescimento da fise. Foi observado retardamento do crescimento de maneira satisfatória em 88% dos casos, porém os autores admitiram a necessidade de estudos controlados para validar estes resultados.

No estudo de Caminoto (2007), as ondas de choque extracorpóreas aplicadas na placa epifisária proximal da tíbia em coelhos causaram aumento na espessura da placa de crescimento epifisária, tanto na espessura total quanto na espessura das zonas proliferativa e hipertrófica, diminuição do comprimento das tíbias tratadas em relação ao controle e o aumento de densidade mineral óssea.

Hubert et al. (2003) não encontraram diferença na taxa de aposição mineral em lesões experimentais no osso terceiro metacarpiano em seu estudo com oito equinos, onde utilizaram o membro contra-lateral como controle, e foram administradas duas aplicações de ondas de choque extracorpóreas, sem citação da dose utilizada.

2.2 Vantagens e efeitos colaterais das ondas de choque

As vantagens da terapia por ondas de choque extracorpóreas são a baixa taxa de complicações e o fato de ser um procedimento ambulatorial não invasivo (JOHANNES et al., 1994; HELLER e NIETHARD, 1998). As ondas de choque têm um efeito citodestrutivo dose-dependente em células em suspensão *in vitro*, mas também têm influência estimulante dose-dependente no processo de cicatrização dos tecidos lesados. O efeito citodestrutivo é

imediatamente e cessa em 24 horas. Embora o mecanismo do efeito estimulante da regeneração tecidual das ondas de choque ainda esteja sendo investigado, existem suposições de que este fenômeno se baseie no aumento da circulação local e não na estimulação celular direta pelas ondas de choque, podendo possivelmente ser utilizado para o tratamento de tendinites (JOHANNES et al., 1994).

A terapia com ondas de choque em equinos com osteoartrite tem se mostrado efetiva, podendo reduzir o grau de claudicação por alterar a pressão intra-óssea e melhorar a estabilidade articular ao fortalecer as estruturas dos tecidos moles ao redor e/ou a articulação. Os resultados obtidos em um estudo de casos realizado por Revenaugh (2005), envolvendo diferentes articulações dos membros torácico e pélvico acometidas pela osteoartrite, sugeriram que em algumas instâncias, a terapia pode reduzir os escores de claudicação por mais de 24 meses e, que embora os resultados tenham sido variáveis, todos os equinos obtiveram melhora clínica após o tratamento enquanto outras modalidades falharam.

McCarroll e McClure (2000) registraram que 90 dias após o tratamento de osteoartrites társica-metatarsica e intertársica distal com ondas de choque, 80% dos equinos apresentaram melhora ao menos em um grau de claudicação, sendo que 38% apresentaram um grau e 42% dois graus de melhora.

Os efeitos colaterais da aplicação de ondas de choque extracorpóreas são locais, como edema, hematomas e petéquias, sem maiores complicações. As contra-indicações estão relacionadas à presença de placa epifisária, tecido alveolar, cerebral, medular, neoplasia no local de aplicação ou alterações sistêmicas como infecção aguda, coagulopatia ou gestação (SCHADEN et al., 2001).

2.3 Osteogênese e remodelamento ósseo na ESWT

Com o controle do número de pulsos e da intensidade das ondas de choque o efeito do tratamento pode ser controlado de acordo com a densidade energética da onda. A reparação óssea é obtida por meio da estimulação das

células com pulsos de baixa energia. Utilizando-se ondas de choque de alta energia ocorre destruição da microestrutura óssea, necrose e neo-formação de tecido ósseo (ARBELÁEZ et al., 2005). O mecanismo pelo qual isso ocorre foi demonstrado em alguns estudos. Segundo Valchanou e Michailov (1991), o estímulo da osteogênese ocorre pela destruição cortical local e fragmentação, além da melhora do fluxo sanguíneo local. Outros pesquisadores associaram este estímulo citado anteriormente à liberação local de fatores de crescimento, tais como o BMP4 e BMP7, que estimulam a cascata de eventos associada à cicatrização óssea normal. Trabalhos como os de Wang et al. (2001; 2007a) sugeriram que as ondas de choque têm ação direta sobre as células estromais, através dos fatores de crescimento TGF- β 1 e CBFA-1 (fator de transcrição osteogênica).

Estes efeitos das ondas de choque sobre o tecido ósseo deram origem a grande número de pesquisas voltadas para o tratamento de enfermidades ortopédicas, como tratamento de não-uniões, epicondilites úmero-radiais e fasciíte plantar em humanos, fraturas por estresse e osteoartrites em equinos (McCLURE e EVANS, 2002; WANG et al. 2007b), em cães (MUELLER et al, 2007), cicatrização óssea em coelhos (HSU et al., 2003; WANG et al., 2008), em cordeiros (FORRIOL et al., 1994), em doença do navicular em equinos (BLUM et al., 2005), esparavão ósseo em equinos (McCARROLL et al., 2002), podotrocleose em equinos (BAR et al., 2001) e artoplastia em humanos (BRAUN et al., 1992).

Colla et al. (2004) observaram no tratamento das osteoartrites clínicas das articulações metacarpo-falangeanas e inter-társicas, que 86,7% dos animais tratados cessaram a claudicação aos 90 dias. Com relação ao remodelamento ósseo 53,3% dos animais tratados apresentaram remodelamento total, 20% parcial e 26,7% não apresentaram remodelamento. Além disso, 60% dos animais retornaram a performance atlética apresentada antes do desaparecimento da lesão. O trabalho demonstrou a eficácia das ondas de choque extracorpóreas no tratamento da osteoartrite, não apenas no retardo do processo degenerativo, mas também, em alguns casos, na regressão da lesão, além de constatar efeito analgésico.

Hsu et al. (2003) encontraram em seu estudo com fraturas induzidas em tíbia de coelhos que, nos animais tratados com ondas de choque, ocorreu

diminuição no tempo necessário para a união óssea dos fragmentos e aumento da resistência mecânica dos focos de fratura cicatrizados.

O efeito osteogênico provocado pelas ondas de choque extracorpóreas foi demonstrado na maioria dos estudos (VALCHANOU e MICHAILOV, 1991; HAUPT, 1997; IKEDA et al., 1999; McCLURE et al., 2000). CHEN et al. (1995) sugeriram que a proporção da osteogênese pelas ondas de choque ocorreu devido ao aumento dos osteocondrócitos e proliferação dos osteoblastos associada à indução da TGF-1 e expressões protéicas relacionadas ao osso.

3. Elasticidade Óssea

Lepage et al. (2001) afirmam que a aplicação da técnica da velocidade ultrassonográfica para avaliação da densidade e resistência dos ossos tem sido amplamente estudada. A qualidade óssea é estimada por tal técnica, a saber que a velocidade da onda sonora está diretamente relacionada à elasticidade e densidade óssea, referindo-se à propriedade de resistência de inclinação óssea, rigidez e limiar de fratura.

Jeffcott e McCartney (1985), utilizaram a técnica de velocidade da transmissão ultrassonográfica no osso terceiro metacarpiano de 34 equinos com mais de um ano de idade e obtiveram valores de 2802 ± 37 m/s. Ainda observaram a influência da idade dos animais, mais novos com valores mais baixos, e o local ao longo do raio do osso, sendo os maiores valores obtidos na região proximal do osso, relacionado com a região da cortical mais espessa.

Buckingham et al. (1992), avaliaram a influência dos fatores sexo, idade e treinamento na velocidade da transmissão ultrassonográfica no terceiro metacarpiano de 347 PSI em treinamento. Eles observaram que os machos castrados tiveram significativamente menor velocidade de transmissão que fêmeas e machos não castrados, refletindo uma menor densidade óssea, embora os machos castrados tivessem um grande diâmetro ósseo. Tanto a duração quanto a intensidade de treinamento influenciaram na velocidade do ultrassom. Concluíram que sexo, idade e estado de treinamento afetam os resultados da leitura da velocidade de transmissão ultrassonográfica em até 30% dos valores.

Whan et al. (2004) utilizaram tomografia computadorizada para estudar a relação entre a mensuração da velocidade da transmissão ultrassonográfica e as propriedades materiais de 25 ossos metacarpianos, e observaram correlações estatisticamente significantes entre a máxima tensão à tração longitudinal dos ossos, elasticidade e densidade mineral óssea. E, concluíram que o ultrassom quantitativo possui a sensibilidade para diferenciar a qualidade do osso metacarpiano dos equinos e que esta técnica pode ser útil no monitoramento das adaptações ao exercício e do crescimento ósseo.

4. Ultrassonografia quantitativa (QUS)*

A velocidade ultrassonográfica (Ultrassonografia Quantitativa) é indicada para a avaliação quantitativa e qualitativa do osso, pois permite a determinação da densidade e elasticidade óssea, devido a velocidade das ondas sonoras transmitidas pelo ultrassom serem determinadas pelo módulo de elasticidade e densidade do mesmo (LEES et al., 1983).

A Ultrassonografia Quantitativa é um método de diagnóstico para avaliação das propriedades físicas ósseas que não utiliza radiação ionizante e permite a mensuração da densidade mineral e elasticidade óssea pela transmissão de ondas ultrassônicas através do osso. É considerada uma técnica de grande eficácia para avaliação das características ósseas com aplicabilidade significativa em equinos (PRATT, 1980; RABIN et al., 1983; JEFFCOTT e McCARTNEY, 1985).

A princípio, os primeiros estudos que abordaram a aplicação da Ultrassonografia Quantitativa em equinos utilizavam dois transdutores separadamente para mensuração das ondas sonoras transmitidas ao longo do osso. Porém, essa técnica apresentava grande dificuldade de posicionamento dos transdutores interferindo na precisão das mensurações (JEFFCOTT e McCARTNEY, 1985; BUCKINGHAM et al., 1992).

Assim, posteriormente, foi introduzida no mercado uma nova tecnologia da Ultrassonografia Quantitativa a qual se caracterizava pela utilização de uma sonda única para realização das mensurações (**FIGURA 1**). Estudos mostraram que a Ultrassonografia Quantitativa com a utilização de dois

transdutores mostrou menor confiabilidade nas mensurações em comparação com a nova técnica, pois sofre grande interferência dos tecidos moles (NJEH et al., 1999; WEISS et al., 2000). Por outro lado, a tecnologia inovadora da Ultrassonografia Quantitativa utilizando-se uma sonda apresenta grande potencial para avaliação das propriedades ósseas *in vivo* em equinos (LEPAGE et al., 2001; CARSTANJEN et al., 2002).

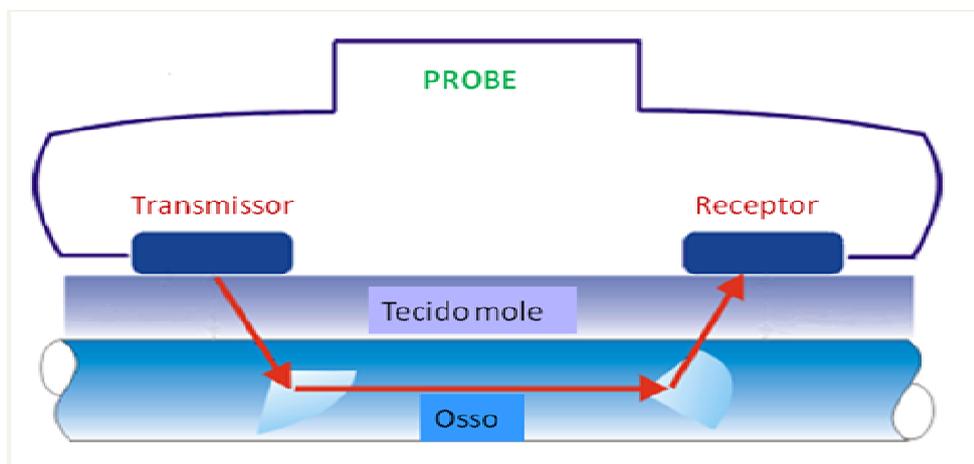


FIGURA 1: Demonstração da transmissão e recepção das ondas ultrassonográficas em uma única sonda

Todos os corpos sólidos sofrem deformação continuamente, quando submetidos à forças externas. Em geral os corpos retornam à sua forma original se as forças externas forem removidas ou se as intensidades dessas forças não forem muito elevadas. As forças que atuam nos ossos são classificadas em longitudinais, que incluem as forças de compressão e de tração, e em transversais que são as forças de cisalhamento. Em sólidos heterogêneos, como o tecido ósseo, a resistência à tração é devida ao colágeno e a resistência à compressão ao osso mineral. Assim, as propriedades de elasticidade dos corpos são descritas em módulo de Young que mede a resistência de um sólido com variação em seu comprimento (OKUNO e FRATIN, 2003; OSBJORN e LIEBERMAN, 2004).

A transmissão da velocidade do ultrassom nos ossos é dependente da sua densidade, conteúdo líquido e porosidade, assim como o direcionamento do transdutor e a orientação das fibras na matriz óssea. A velocidade do ultrassom caracteriza-se pela passagem da onda ultrassônica através do osso

realizada pela utilização de dois transdutores, sendo um transmissor e outro receptor, constituídos em uma única sonda. O mecanismo desse transdutor caracteriza-se pela emissão de ondas acústicas pulsáteis em uma frequência de 1.25MHz, a qual baseia-se no princípio físico da Lei de Snell que refere como a onda sonora se propaga quando atinge o tecido ósseo, em um ângulo crítico, e assim é recebida pelos transdutores. Quando a sonda é posicionada na região de interesse, o menor tempo de propagação da onda sonora através do osso é calculado, utilizando-se um programa computacional específico com tecnologia Omnisense™, para determinar a velocidade ultrassonográfica ou velocidade da onda sonora. Assim, a velocidade da onda sonora está correlacionada com o módulo de Young e densidade do osso (VAN DEN BERG et al., 2000).

A velocidade ultrassonográfica (SOS) é dada em metros/segundo (m/s) e está relacionada às propriedades mecânicas do meio, determinada pela equação:

$$\text{SOS} = \sqrt{E/\rho}$$

Onde:

ρ = densidade do osso

E = módulo de Young

Jeffcot e McCartney (1985) instituíram a Ultrassonografia Quantitativa para avaliação óssea do terceiro metacarpiano em equinos e relataram que é possível detectar variações nos valores da velocidade ultrassonográfica com relação à idade e diferentes regiões do terceiro metacarpiano.

Mccarthy e Jeffcott (1987) descreveram que ao comparar a técnica de Absorciometria de Fótons Energia Única e a Ultrassonografia Quantitativa para análise de densidade óssea em peças anatômicas do terceiro metacarpiano de equinos não observaram alterações de densidade. Entretanto, utilizando a técnica de Ultrassonografia Quantitativa, verificaram aumento da velocidade de transmissão ultrassônica, indicando aumento da resistência óssea devido à redução de porosidade. Analisando a velocidade da transmissão da onda sonora em plano transversal dorsal do terceiro metacarpiano observaram

velocidade ultrassônica de 3109, equivalente a 56m/s^{-1} . Citam também a possibilidade de avaliação da cortical pela mensuração do pulso final em plano transversal, realizando-se as médias da córtex e medula.

Buckingham et al. (1992) citaram que no estudo comparativo entre fêmeas e machos, observaram que as fêmeas apresentaram maior valor da velocidade ultrassonográfica na superfície dorsal do terceiro metacarpiano, em relação aos machos.

Em contrapartida, Davies et al. (1993) relataram que a superfície de impacto às forças mecânicas na região dorsal do terceiro metacarpiano não diferiu entre machos e fêmeas.

Prevrhal et al. (2001) consideraram que a densidade mineral apresenta influência significativa nas mensurações das propriedades físicas ósseas pela Ultrassonografia Quantitativa.

Carstanjen et al. (2002) utilizaram a velocidade ultrassonográfica em estudo *in vivo* dos aspectos ósseos do osso terceiro metacarpiano, rádio e tíbia de equinos e consideraram uma técnica de grande confiabilidade e precisão na representação dos aspectos ósseos normais e patológicos nessas regiões. Relataram também que ao realizarem estudo em peças anatômicas do terceiro metacarpiano de equinos, nas superfícies dorsal, lateral e medial, aplicando-se a Ultrassonografia Quantitativa para analisar a influência dos tecidos moles na mensuração da velocidade ultrassonográfica, observaram que os tecidos moles não exerceram influência significativa nas mensurações obtidas. No estudo comparativo das superfícies dorsal, medial e lateral do terceiro metacarpiano de equinos, nos membros direito e esquerdo, observaram que a superfície lateral do terceiro metacarpiano apresentou maior valor na mensuração da velocidade ultrassonográfica em relação às superfícies dorsal e medial.

Segundo Hubert et al. (2003) a velocidade ultrassonográfica pode ser de grande auxílio para avaliações ósseas. Utilizaram esta técnica para avaliação óssea de equinos submetidos à aplicação de ondas de choque no terceiro metacarpiano e observaram que a mensuração da velocidade ultrassonográfica não demonstrou diferenças significativas nos animais submetidos ao tratamento.

Carstanjen et al. (2003) compararam Ultrassonografia Quantitativa e a Absorção de Fótons de Energia Dupla (DXA) em peças anatômicas do terceiro

metacarpiano de equinos e relataram que ambas são eficazes para avaliação óssea dessa região, porém diferem quanto às mensurações das propriedades ósseas, sendo assim, complementares para avaliação do terceiro metacarpiano, pois a velocidade ultrassonográfica proporciona informações adicionais comparada com a outra técnica de avaliação óssea, como por exemplo, elasticidade e resistência óssea. Adicionalmente, observaram também que há diferenças nos valores obtidos nas duas técnicas entre os membros direito e esquerdo. Porém, observaram diferentes valores da velocidade ultrassonográfica entre as regiões proximal, medial e distal do terceiro metacarpiano.

As diferenças nos valores da velocidade ultrassonográfica podem ser apoiados à teoria de Biot. A teoria de Biot representa a definição da relação fundamental da velocidade ultrassonográfica, que pode ser classificada pela raiz quadrada da elasticidade dividida pela densidade do material. Porém essa teoria foi baseada em condições idealizadas de homogeneidade e isotropia. Em relação ao osso, material biológico que apresenta imperfeições frente à demanda fisiológica, essa teoria pode conferir valores aproximados, pois a relação dos parâmetros de medidas da velocidade ultrassonográfica pode apresentar variações entre tecnologias dos equipamentos de Ultrassonografia Quantitativa e também entre os tipos de ossos avaliados (VAN DEN BERG et al., 2000; NJEH et al., 2001; PREVRHAL et al., 2001).

Por outro lado, alguns estudos apoiaram a teoria de Biot, pois os resultados dessas pesquisas demonstraram que a mensuração da velocidade ultrassonográfica da tíbia em humanos apresentou forte correlação com a teoria de Biot (LEE et al., 1997).

Whan et al. (2004) aplicaram a Ultrassonografia Quantitativa na avaliação de peças anatômicas do terceiro metacarpiano de equinos e analisaram a correlação entre velocidade ultrassonográfica, densidade mineral óssea e módulo de elasticidade e concluíram que a técnica de Ultrassonografia Quantitativa pode ser útil no monitoramento da adaptação óssea frente ao exercício, pois é muito sensível para detectar alterações da qualidade óssea do terceiro metacarpiano.

Quando os corpos sofrem tensões relativamente pequenas, elas são proporcionais à deformação e a constante de proporcionalidade é denominada

módulo de elasticidade ou módulo de Young, o qual mede a resistência de um sólido em relação à variação de seu comprimento. Quanto maior for o módulo de Young menor a elasticidade do material, no que se refere à alteração no comprimento originada por tração ou compressão. Da tensão zero ao limite elástico corresponde a fase elástica do material em que o corpo volta à forma original quando a tensão é removida. A partir desse ponto a fase é plástica e as deformações ficam permanentes, até atingir o limite de ruptura, quando o corpo se rompe (**FIGURA 2**). O tecido ósseo é considerado tecnicamente elástico, pois retorna a sua forma e tamanho original após cessar a aplicação de uma força. Entretanto, sob tensões acima de determinada magnitude, conhecido como ponto de ruptura, o osso responde de forma plástica, prevalecendo o estado de deformação até o ponto em que ocorre a fratura (OKUNO e FRATIN, 2003).

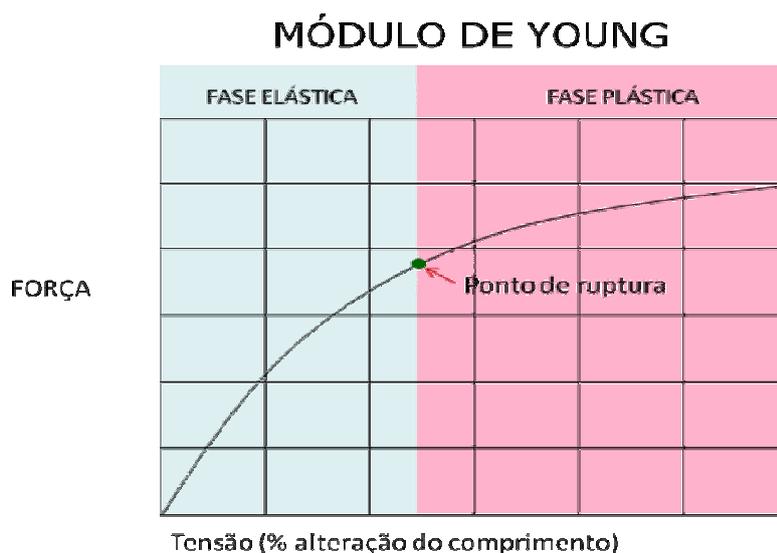


FIGURA 2: Módulo de Young

OBJETIVO

Avaliar os efeitos da aplicação de ondas de choque extracorpóreas no osso terceiro metacarpiano de equinos hípidos mensurados através da determinação da elasticidade e densidade mineral ósseas.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Animais

Foram utilizados 20 equinos da raça Puro Sangue Inglês (PSI), sendo onze machos e nove fêmeas, com dois anos de idade, com média de peso corporal de 450Kg, clinicamente sadios e em início de treinamento. Os animais utilizados para a realização do experimento pertencem ao plantel de criação do Haras Nahuel, localizado no município de Pratânia – SP, à 50Km de Botucatu – SP e foram selecionados quanto ao estado de higidez, com especial atenção quanto à integridade do aparelho locomotor. Para tanto, todos os animais foram submetidos a exame clínico de claudicação.

Os animais foram mantidos em baias individuais durante todo o período do experimento. O manejo nutricional consistiu de capim *coast cross*, ração comercial, sal mineral e água *ad libitum*.

2. Delineamento Experimental

O momento zero do experimento foi denominado Dia 0 (D0).

O Grupo Controle foi composto por dez animais, sendo seis machos e quatro fêmeas (GC1, GC2, GC3, GC4, GC5, GC6, GC7, GC8, GC9 e GC10), nos quais o terceiro metacarpiano direito de cada um foi submetido à avaliação da elasticidade óssea no D0, D21, D42 e D72, como descrito:

- D0 - correspondente ao dia da primeira avaliação;
- D21 - correspondente ao 21^o dia após a primeira avaliação;
- D42 - correspondente ao 21^o dia após a segunda avaliação;
- D72 - correspondente ao 30^o dia após a terceira avaliação.

O Grupo Tratamento foi composto pelos demais 10 animais, sendo cinco machos e cinco fêmeas (GT1, GT2, GT3, GT4, GT5, GT6, GT7, GT8, GT9 e GT10), nos quais o terceiro metacarpiano direito de cada um foi submetido à avaliação da elasticidade óssea antes do tratamento, aplicação de ondas de

choque extracorpóreas e nova avaliação de elasticidade óssea pós-tratamento, como descrito:

- D0 - correspondente ao dia da primeira aplicação de ESWT;
- D21 - correspondente ao 21º dia após a primeira aplicação de ESWT;
- D42 - correspondente ao 21º dia após a segunda aplicação de ESWT;
- D72 - correspondente ao 30º dia após a terceira aplicação de ESWT.

2.1 Avaliação pré-aplicação da ESWT

No D0 todos os animais selecionados para serem utilizados, em posição quadrupedal, foram submetidos à determinação da elasticidade óssea do membro anterior direito. Como padrão, a face dorsal próxima ao forame nutrício do osso terceiro metacarpiano foi a região submetida à análise conforme **FIGURA 3**.

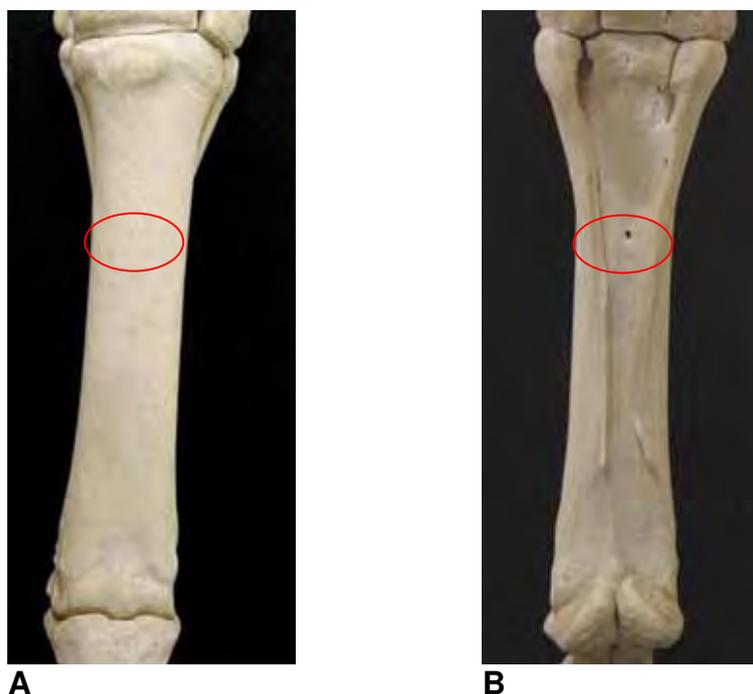


FIGURA 3: Sequência de imagens do terceiro metacarpiano A) Face dorsal B) Face palmar

2.1.1 Determinação da elasticidade e densidade mineral ósseas

A determinação da elasticidade óssea foi realizada pela transmissão de velocidade ultrassonográfica do terceiro metacarpiano com o auxílio de um transdutor, com função transmissora e receptora, com 1,25 MHz de frequência conectados a um módulo pulsátil e um osciloscópio, utilizando-se aparelho modelo Sunlight Equus¹, como demonstra a **FIGURA 4**. A mensuração da velocidade das ondas ultrassônicas referidas no osciloscópio foi medida considerando-se, que a velocidade ultrassonográfica (C) é dada em m/s, sendo produto da relação da distância (D) dos dois transdutores e o tempo de percurso (t) da onda sonora. Esquemáticamente: $C = D/t$.

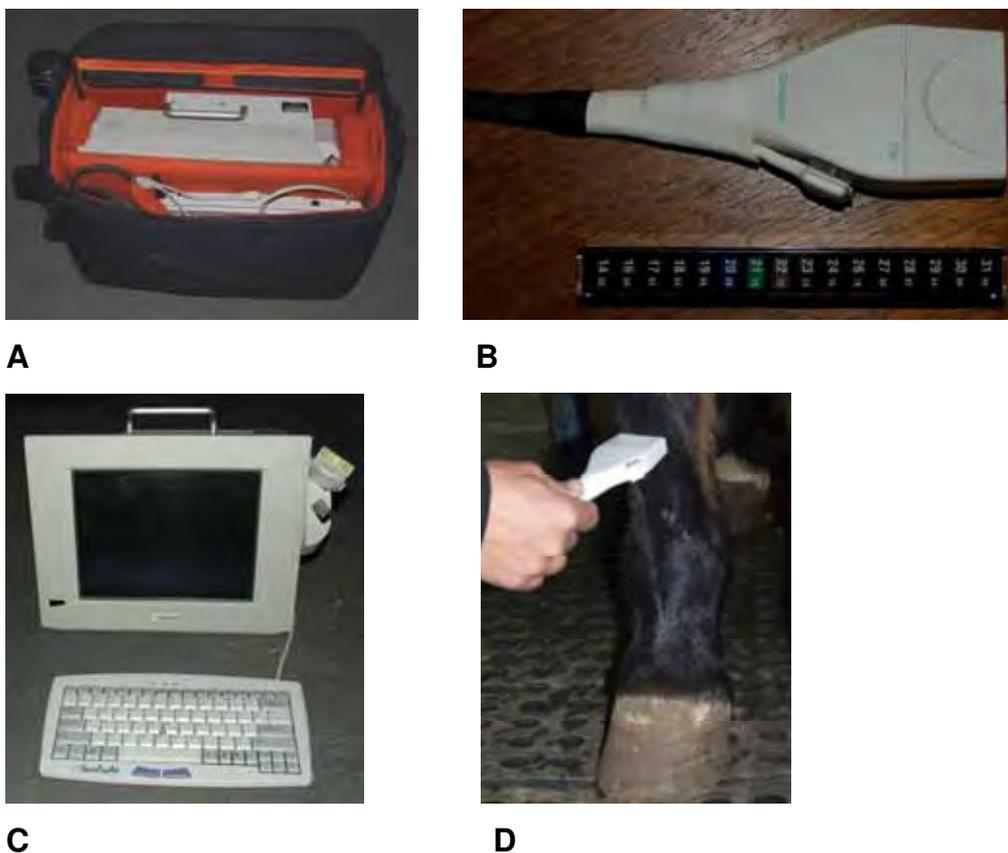


FIGURA 4: Sequência de imagens do aparelho Sunlight Equus e acessórios A) Disposição do aparelho no interior da caixa B) Sonda e escala para calibragem C) Aparelho Sunlight Equus D) Local da aplicação da QUS no terceiro metacarpiano equino

¹ Sunlight Medical Inc. Tel-Aviv, Israel

Para a realização do procedimento não foi realizada tricotomia local. Foi utilizado óleo de silicone, silicone DC-200² na região a ser mensurada, para melhor contato entre transdutor e pele. O transdutor foi posicionado na margem metacarpiana dorsal próxima ao forame nutrício. Para tal procedimento não foi necessária sedação dos animais.

A leitura realizada pelo aparelho Sunlight Equus forneceu dados referentes à velocidade ultrassonográfica, massa óssea e risco de fratura, obtidos automaticamente através da análise de seu software.

2.2 Aplicação da ESWT

Cada animal do Grupo Tratamento foi encaminhado ao tronco de contenção e submetido à sedação com xilazina, na dose de 0,7mg/Kg, via intravenosa. Após cinco minutos foi realizada a aplicação da ESWT, sem a realização de tricotomia local e utilizando-se gel hidrofílico³ para aumentar o contato da sonda com a pele.

No membro torácico direito, na região coincidente à da determinação da elasticidade óssea, foi utilizado aparelho para terapia de ondas de choque extracorpóreas⁴ com densidade de fluxo de energia de 0,15mJ/mm² e 2000 pulsos. A **FIGURA 5** demonstra as caixas para transporte do aparelho portátil para ESWT e de suas sondas.

Para a aplicação da ESWT foi utilizada a sonda E6R20, com a característica do foco da onda de choque de 20mm. A **FIGURA 6** demonstra as sondas do aparelho para ESWT. A **FIGURA 7** demonstra o aparelho e sonda para ESWT, montados para o momento de utilização.

A **FIGURA 8** demonstra o local de aplicação da ESWT no terceiro metacarpiano dos equinos pertencentes ao Grupo Tratamento.

² Fluka Chemical Corp.. Steinheim, Germany

³ Carbogel - São Paulo - Brasil

⁴ Versa tron High Medical Technologies - Alemanha



FIGURA 5: Caixas para transporte do aparelho portátil para ESWT e de suas sondas



FIGURA 6: Sondas para aplicação da ESWT



FIGURA 7: Aparelho e sonda para aplicação da ESWT, montados para o momento de utilização



FIGURA 8: Local de aplicação da ESWT em terceiro metacarpiano de equino do Grupo Tratamento

As sessões de aplicação da ESWT se repetiram a cada 21 dias totalizando três sessões, realizadas nos dias:

- D0 - correspondente ao dia da primeira aplicação de ESWT;
- D21 - correspondente ao 21º dia após a primeira aplicação de ESWT;
- D42 - correspondente ao 21º dia após a segunda aplicação de ESWT.

3. Análise Estatística

Como as variáveis apresentaram distribuição normal e homogeneidade de variâncias e o interesse foi comparar grupos e momentos, foi utilizada a análise de perfil, sendo que o nível de significância utilizado foi de 5% (FISHER, 1993).

RESULTADOS

Os resultados da velocidade ultrassonográfica (SOS), do terceiro metacarpiano dos equinos nos momentos D0, D21, D42 e D72 no Grupo Controle e Tratamento estão demonstrados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Valores referentes à velocidade ultrassonográfica (SOS) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Controle nos momentos D0, D21, D42 e D72

ANIMAL	D0 (m/s)	D21 (m/s)	D42 (m/s)	D72 (m/s)
GC1	3916	3803	3800	3802
GC2	3843	3560	3560	3558
GC3	4116	3894	3894	3893
GC4	3831	4070	4202	4202
GC5	4013	4095	4095	4096
GC6	3753	4080	4188	4188
GC7	3834	4180	4158	4157
GC8	4218	4175	4175	4175
GC9	3929	4168	4118	4119
GC10	3916	3803	3800	3803

Tabela 2 - Valores referentes à velocidade ultrassonográfica (SOS) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Tratamento nos momentos D0, D21, D42 e D72

ANIMAL	D0 (m/s)	D21 (m/s)	D42 (m/s)	D72 (m/s)
GT1	3841	3904	3917	3888
GT2	3717	3785	3998	3844
GT3	3980	3898	3889	3923
GT4	3953	3852	3756	3729
GT5	3763	3633	3616	3861
GT6	3688	3771	3710	3817
GT7	3779	3855	3897	3861
GT8	3726	3734	3764	3759
GT9	3971	3984	3959	3847
GT10	3859	3772	3904	3855

Os resultados da massa (Z–score) do terceiro metacarpiano dos equinos nos momentos D0, D21, D42 e D72 no Grupo Controle e Tratamento estão demonstrados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 - Valores referentes à massa (Z-Score) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Controle nos momentos D0, D21, D42 e D72

ANIMAL	D0	D21	D42	D72
GC1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
GC2	-0,5	-1,4	-1,4	-1,3
GC3	0,9	0,3	0,3	0,3
GC4	-0,6	1,2	1,4	1,5
GC5	0,2	0,8	0,8	0,8
GC6	-0,4	0,7	1,3	1,3
GC7	-0,6	1,3	1,1	1,0
GC8	1,4	1,2	1,2	1,2
GC9	-0,1	1,2	0,9	0,9
GC10	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1

Tabela 4 - Valores referentes à massa (Z-Score) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Tratamento nos momentos D0, D21, D42 e D72

ANIMAL	D0	D21	D42	D72
GT1	-0,5	-0,2	-0,1	-0,2
GT2	-0,6	-0,8	-0,2	-0,5
GT3	0	0,3	0,3	0
GT4	1,3	-0,5	-0,3	-1,1
GT5	-0,8	-1,1	-1,3	0,2
GT6	-0,6	-0,3	-0,6	-0,1
GT7	-0,8	-0,5	0,3	0,2
GT8	-1,1	-1,1	-0,3	0,4
GT9	1,2	1,2	0	-0,5
GT10	-0,5	-0,8	-0,2	0,4

Os resultados do risco de fratura (Risk) do terceiro metacarpiano dos equinos nos momentos D0, D21, D42 e D72 no Grupo Controle e Tratamento estão demonstrados nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5 - Valores referentes ao risco de fratura (Risk) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Controle nos momentos D0, D21, D42 e D72

ANIMAL	D0	D21	D42	D72
GC1	1,1	1,1 (L)	1,1	1,1
GC2	1,5	2,0 (L)	2,0	2,0
GC3	0,5	0,8 (L)	0,8	0,7
GC4	1,6	0,5 (L)	0,4 (L)	0,4
GC5	0,9	0,8 (L)	0,8	0,7
GC6	1,4	0,6 (L)	0,4 (L)	0,5
GC7	1,6	0,4 (L)	0,4 (L)	0,5
GC8	0,4	0,4 (L)	0,4	0,4
GC9	1,1	0,4 (L)	0,5 (L)	0,6
GC10	1,1	1,1 (L)	1,1	1,1

(L) = low = baixo risco de fratura

Tabela 6 - Valores referentes ao risco de fratura (Risk) do terceiro metacarpiano dos equinos do Grupo Tratamento nos momentos D0, D21, D42 e D72

ANIMAL	D0	D21	D42	D72
GT1	1,5	1,1	1,1	1,1
GT2	1,4	1,8	1,1	1,4
GT3	1	0,9	0,9	1,0
GT4	0,5	1,4	1,3	2,2
GT5	1,8	2,5	2,6	0,9
GT6	1,4	1,2	1,3	1,0
GT7	1,8	1,4	0,8	0,9
GT8	2,2	2,2	1,2	1,2
GT9	0,3	0,3	1	1,4
GT10	1,4	1,8	1,1	1,4

As médias e desvios padrões referentes à velocidade ultrassonográfica (SOS) do terceiro metacarpiano dos equinos, segundo momentos e grupos estudados, estão demonstrados na Tabela 7. Pode-se observar que nos momentos D21, D42 e D72 houve diferença estatística significativa entre os grupos Controle e Tratamento.

Tabela 7 - Médias e desvios-padrões referentes à variável SOS segundo momentos e grupos

Momento	Grupo Controle (m/s)	Grupo Tratamento (m/s)
D0	3937±142 ^a	3828±110 ^a
D21	3983±208 ^a	3819±100 ^b
D42	3999±221 ^a	3841±122 ^b
D72	3999±221 ^a	3838±57 ^b

Letras minúsculas comparam médias de grupos em cada momento

Não houve diferença entre os momentos em cada grupo

As médias e desvios padrões referentes à velocidade ultrassonográfica (SOS) do terceiro metacarpiano dos equinos, segundo momentos e grupos estudados, estão demonstrados na **FIGURA 9**.

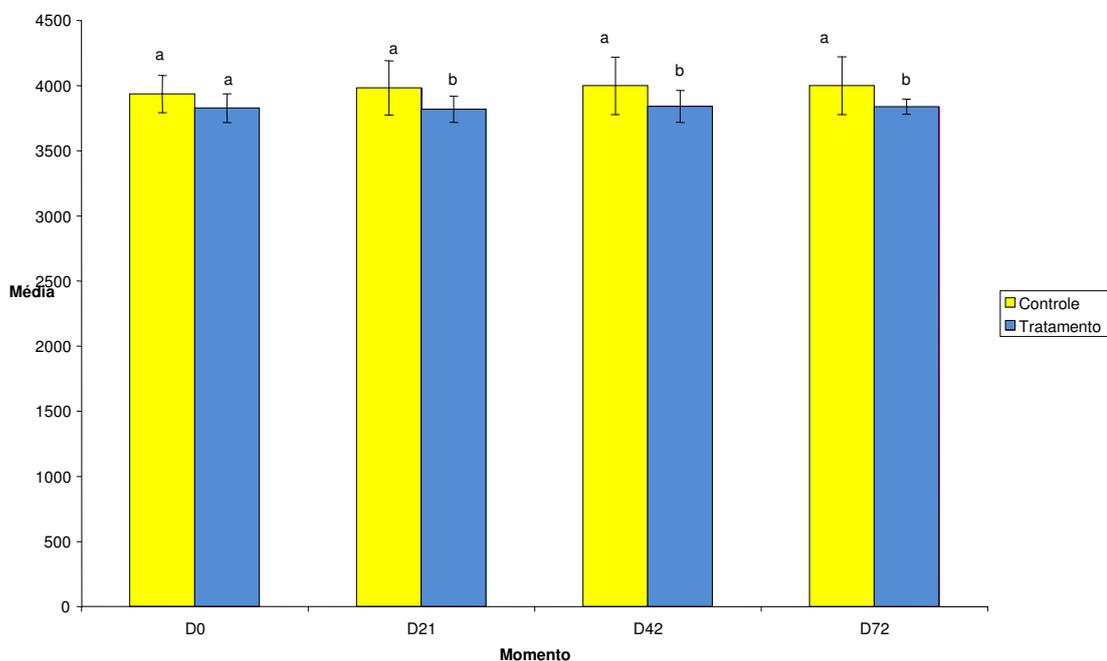


FIGURA 9 - Média e desvio-padrão referentes à variável SOS segundo momentos e grupos.

Letras minúsculas comparam médias de grupos em cada momento

Não houve diferença entre os momentos em cada grupo

As médias e desvios padrões referentes à massa (Z-Score) do terceiro metacarpiano dos equinos, segundo momentos e grupos estudados, estão demonstrados na Tabela 8. Pode-se observar que nos momentos D21 e D42 houve diferença estatística significativa entre os grupos Controle e Tratamento.

Tabela 8 - Médias e desvios-padrões referentes à variável Z-Score segundo momentos e grupos

Momento	Grupo Controle	Grupo Tratamento
D0	0,0±0,7 ^a	-0,2±0,8 ^a
D21	0,5±0,9 ^a	-0,4±0,7 ^b
D42	0,5±0,9 ^a	-0,2±0,5 ^b
D72	0,6±0,9 ^a	-0,1±0,5 ^a

Letras minúsculas comparam médias de grupos em cada momento

Não houve diferença entre os momentos em cada grupo

As médias e desvios padrões referentes à massa (Z-Score) do terceiro metacarpiano dos equinos, segundo momentos e grupos estudados, estão demonstrados na **FIGURA 10**.

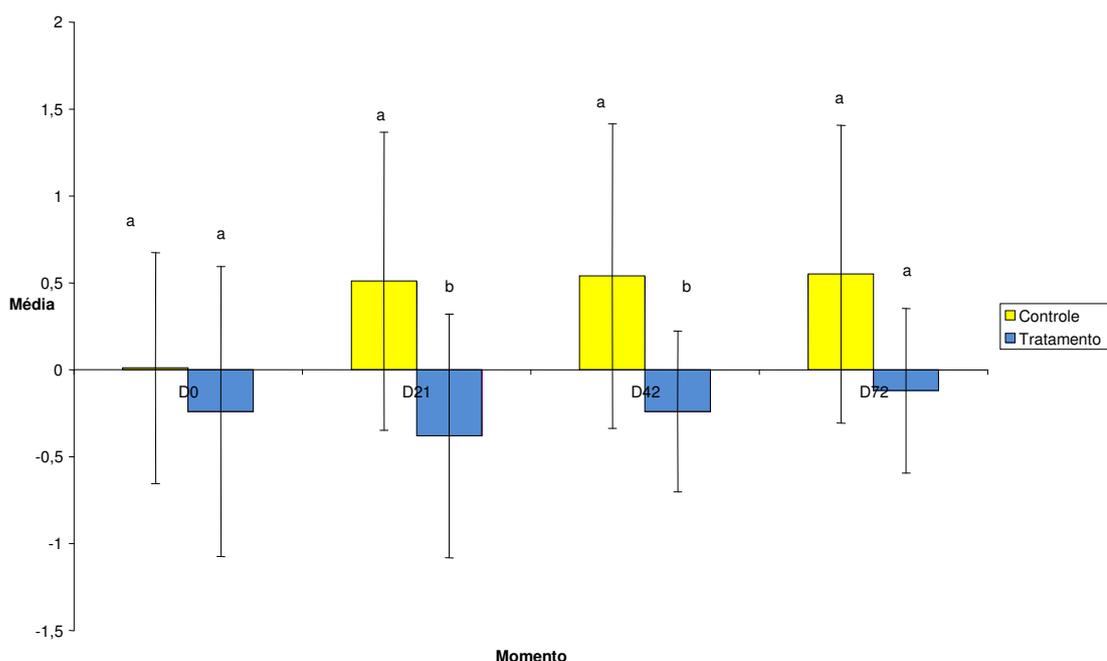


FIGURA 10 - Média e desvio-padrão referentes à variável Z-Score segundo momentos e grupos.

Letras minúsculas comparam médias de grupos em cada momento

Não houve diferença entre os momentos em cada grupo

As médias e desvios padrões referentes ao risco de fratura (Risk) do terceiro metacarpiano dos equinos, segundo momentos e grupos estudados,

estão demonstrados na Tabela 9. Pode-se observar que no momento D21 houve diferença estatística significativa entre os grupos Controle e Tratamento.

Tabela 9 - Médias e desvios-padrões referentes à variável Risk segundo momentos e grupos

Momento	Grupo Controle	Grupo Tratamento
D0	1,1±0,4 ^a	1,3±0,6 ^a
D21	0,8±0,5 ^b	1,5±0,6 ^a
D42	0,8±0,5 ^a	1,2±0,5 ^a
D72	0,8±0,5 ^a	1,3±0,4 ^a

Letras minúsculas comparam médias de grupos em cada momento

Não houve diferença entre os momentos em cada grupo

As médias e desvios padrões referentes ao risco de fratura (Risk) do terceiro metacarpiano dos equinos, segundo momentos e grupos estudados, estão demonstrados na **FIGURA 11**.

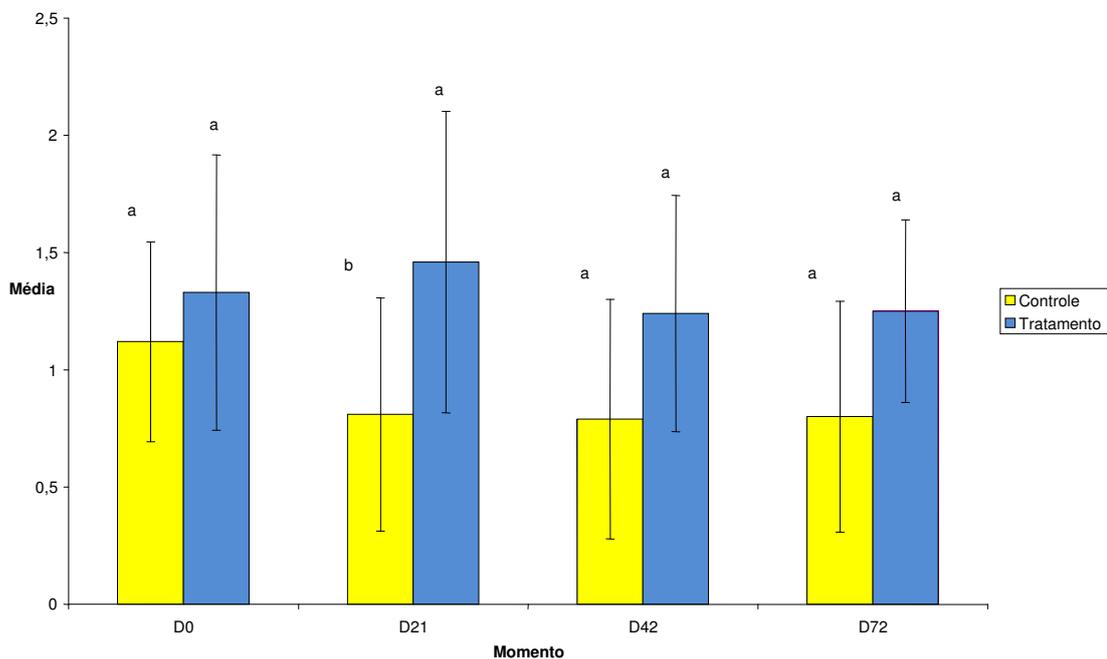


FIGURA 11 - Média e desvio-padrão referentes à variável Risk segundo momentos e grupos.

Letras minúsculas comparam médias de grupos em cada momento

Não houve diferença entre os momentos em cada grupo

DISCUSSÃO

A utilização de equinos para atividades esportivas, trabalho e recreação é cada dia mais crescente. Quanto maior a diversificação da utilização de equinos nas diversas áreas de atuação, maior o desenvolvimento do mercado equestre, o que conseqüentemente leva à evolução da medicina esportiva eqüina no Brasil e no mundo.

Na medicina esportiva equina, um grande desafio é manter os equinos atletas livre de lesões. De acordo com Jeffcott et al. (1982) a causa mais frequente de queda ou perda do desempenho atlético nos equinos em treinamento é conseqüente das lesões musculares e esqueléticas de seus membros locomotores.

Alimentação, idade, conformação esquelética, superfície e nível de treinamento são alguns fatores envolvidos nas enfermidades locomotoras que acometem os equinos. Portanto, maiores informações quanto à maximização da resistência e adaptação das estruturas ósseas e tecidos moles dos equinos de corridas precisam ser investigadas e conhecidas, pois, de acordo com Carstanjen et al. (2003), a maioria dos animais inicia o treinamento atlético no período entre 18 a 20 meses de idade, no qual a maturidade esquelética ainda não está completa. No presente experimento os animais utilizados eram da raça PSI e apresentavam em média 24 meses de idade, em fase de início de treinamento, porém com completa maturidade esquelética.

Diante da frequente ocorrência de tais lesões, melhores investigações sobre as técnicas, ação e resultados da ESWT são necessárias, por se tratar de um método de tratamento com várias qualificações, além de ser não invasivo. Assim, no presente estudo, foi realizada a aplicação da ESWT no osso terceiro metacarpiano de equinos atletas para a obtenção de dados relativos às alterações na estrutura óssea que ela pode ser capaz de provocar. Tais resultados podem ser úteis para que as técnicas sejam cada vez mais padronizadas e se tornem uma alternativa segura e eficaz no tratamento de lesões ósseas.

Assim, até agora a ESWT não é uma técnica padrão na ortopedia. Os mecanismos do efeito da indução analgésica ou o mecanismo das ondas de

choque nas lesões ósseas ainda são desconhecidos. Resultados a longo prazo precisam ser observados para haver a possibilidade de comparar a ESWT com métodos já estabelecidos (HELLER e NIETHARD, 1998).

McClure e Evans (2002) citaram que existem três mecanismos de geração das ondas de choque: pizoelétrico, eletrohidráulico e eletromagnético. No presente estudo optou-se pela utilização do sistema eletrohidráulico de geração de ondas de choque, pois segundo Bolt (2004), sistemas eletrohidráulicos e piezoelétricos portáteis estão introduzidos no mercado veterinário e nestas unidades as ondas de choque são geradas e refletidas em sondas manuais que são aplicadas nos membros e coluna dos equinos.

No presente experimento os animais do Grupo Tratamento foram tratados com ondas de choque extracorpóreas com pulsos de alta energia. Segundo Arbeláez et al. (2005), a reparação óssea é obtida por meio da estimulação das células com pulsos de baixa energia e que ao se utilizar ondas de choque de alta energia, como a que foi utilizada no presente experimento, com densidade de fluxo de energia de $0,15\text{mJ/mm}^2$ e 2000 pulsos, pode ocorrer destruição da microestrutura óssea, necrose e neo-formação de tecido ósseo.

Schaden et al. (2001) citaram efeitos colaterais locais da aplicação de ondas de choque extracorpóreas, como edema, hematomas e petéquias, os quais não foram observados em nenhum momento em nenhum dos animais tratados no presente estudo.

De acordo com Ruff et al. (1994), Lieberman et al. (2003) e Holt et al. (2004), a idade do animal pode apresentar grande influência na resposta óssea frente aos estímulos mecânicos. No presente experimento a idade dos animais utilizados não variou entre os grupos, para que a influência da idade não pudesse gerar alterações nos resultados.

Da mesma forma, os grupos Controle e Tratamento foram compostos na mesma proporção de machos e fêmeas, pois segundo Buckingham et al. (1992), ao avaliarem a influência do sexo na velocidade da transmissão ultrassonográfica no terceiro metacarpiano de equinos PSI, notaram que machos castrados tiveram significativamente menor velocidade de transmissão que fêmeas e machos não castrados.

A combinação do colágeno e componentes orgânicos do tecido ósseo é fundamental para a determinação da elasticidade e resistência óssea às fraturas.

Lepage et al. (2001) afirmaram que a técnica de mensuração da velocidade ultrassonográfica nos ossos é utilizada para estimar a qualidade óssea, pois a velocidade da onda sonora está diretamente relacionada à elasticidade e densidade ósseas. Por esta razão optou-se por mensurar a velocidade ultrassonográfica do osso em estudo.

Também de acordo com Hubert et al. (2003), a velocidade ultrassonográfica pode ser de grande auxílio para avaliações ósseas. Estes pesquisadores utilizaram esta técnica para avaliação óssea de equinos submetidos à aplicação de ondas de choque no terceiro metacarpiano e observaram que a mensuração da velocidade ultrassonográfica não demonstrou diferenças significativas nos animais submetidos ao tratamento.

Vários estudos ressaltaram a importância da utilização da ESWT em casos de diversas lesões em estruturas ósseas, como remodelamento ósseo, analgesia óssea e reparação de fraturas. No presente estudo, a densidade mineral óssea foi avaliada pelo método de ultrassonografia quantitativa após a aplicação da ESWT em equinos, para verificação da ocorrência ou não de alteração na densidade mineral óssea, pois de acordo com Lees et al. (1983), a QUS apresenta grande indicação para a avaliação quantitativa e qualitativa óssea.

Sabendo-se que a densidade mineral óssea é um dado importante para a determinação do risco de ocorrência de uma fratura, o qual está correlacionado à densidade mineral óssea, estrutura interna e propriedades biomecânicas do osso (BOGNA e PLUSKIEWICZ, 2005), a avaliação da densidade mineral óssea foi realizada no presente experimento para que fornecesse dados importantes a respeito do risco de fratura do terceiro metacarpiano em estudo.

Stashak (1994) sugeriu que a densidade óssea pode ser maior na superfície dorsal dos ossos, pois é uma região mais suscetível às forças de compressão. No presente estudo, a região padronizada para as mensurações foi exatamente a superfície dorsal do osso terceiro metacarpiano, devido à

maior facilidade de manuseio e manipulação dos equipamentos sobre o osso em questão.

A massa óssea também é considerada como um importante parâmetro na mensuração da resistência mecânica dos ossos (TURNER e ROBLING, 2005). Por este motivo, no presente estudo foi mensurada a massa óssea do osso terceiro metacarpiano em diferentes momentos após a aplicação de ESWT e foi observado que a massa óssea dos animais do Grupo Tratamento diferiu estatisticamente dos animais do Grupo Controle nos momentos D21 e D42.

McCarthy e Jeffcott (1992) relataram que exercícios de baixa intensidade durante períodos prolongados não alteram a massa ou densidade do terceiro metacarpiano. Porém, treinamentos de elevada intensidade resultam em aumento significativo nos valores da velocidade ultrassonográfica. Estes pesquisadores atribuíram esses resultados a um aumento na densidade óssea consequente à diminuição da porosidade. No presente experimento os animais de ambos os grupos foram submetidos a exercícios de baixa intensidade, o que pode justificar os resultados encontrados nos animais do Grupo Controle, os quais não demonstraram diminuição da densidade mineral óssea em nenhum momento avaliado. Todavia, nos animais do Grupo Tratamento houve diminuição da densidade mineral óssea nos momentos D21, D42 e D72, devido aos efeitos provocados pela ESWT.

Hubert et al. (2003) não encontraram diferença na taxa de aposição mineral em lesões experimentais no osso terceiro metacarpiano em seu estudo com oito equinos, onde utilizaram o membro contra-lateral como controle e foram administradas duas aplicações de ondas de choque extracorpóreas, sem citação da dose utilizada. Porém, no presente estudo, houve diferença estatística significativa na velocidade ultrassonográfica entre os animais dos grupos Controle e Tratamento nos momentos D21, D42 e D72, mostrando a ação da ESWT na diminuição da densidade mineral óssea.

Por outro lado, no estudo com ESWT em tíbia de cordeiros de Forriol et al. (1994), as amostras de ossos tratados foram examinadas histológica e radiograficamente. As ondas de choque não tiveram efeito na superfície periosteal de osso cortical maduro, mas na superfície endosteal novo osso

trabecular foi encontrado. A cicatrização óssea foi atrasada pela terapia com ondas de choque.

Através das médias e desvios padrões referentes à variável SOS do terceiro metacarpiano dos animais do presente estudo, pode-se observar que houve diferença estatística significativa nos momentos D21, D42 e D72 entre os grupos Controle e Tratamento. Estes dados comprovam que a ESWT realizada nos animais do Grupo Tratamento nos momentos D0, D21 e D42 alterou a estrutura óssea em estudo com relação à velocidade ultrassonográfica. Valchanou e Michailov (1991) afirmaram que a ESWT estimula a osteogênese devido à destruição cortical local e fragmentação, além da melhora do fluxo sanguíneo local. No presente estudo observou-se diferença estatística significativa nos momentos D21, D42 e D72 entre os grupos, com relação à velocidade ultrassonográfica, o que pode ser explicado pelo maior estímulo da osteogênese provocado pela ESWT nos animais do Grupo Tratamento, com maior vascularização local no osso terceiro metacarpiano levando à menor densidade mineral óssea do mesmo neste curto intervalo de tempo de 72 dias. Acredita-se que o efeito positivo na cicatrização seja dependente do nível energético utilizado no tratamento. Acredita-se também que, ao longo do tempo, a osteogênese estimulada pela ESWT leve a estrutura óssea estudada à apresentar maior densidade mineral óssea, o que não foi observado durante o período de avaliação desde experimento.

Com relação ao risco de fratura do terceiro metacarpiano dos animais dos grupos Controle e Tratamento do presente estudo, os dados estatísticos das médias e desvios padrões dos grupos diferiram significativamente somente no momento D21, porém, numericamente, observa-se no Grupo Tratamento aumento nos valores referentes ao risco de fratura em todos os momentos estudados após o início da ESWT. Embora tais diferenças não sejam estatisticamente significativas, elas podem mostrar que a ESWT parece alterar a estrutura óssea, pois de acordo com Arbeláez et al. (2005) que utilizaram ondas de choque de alta energia, como no presente experimento, ocorre destruição da microestrutura óssea, necrose e neo-formação de tecido ósseo. Valchanou e Michailov (1991) ainda acrescentaram que o estímulo da osteogênese ocorre pela destruição cortical local e fragmentação, além da melhora do fluxo sanguíneo local, fatos que podem justificar a diferença

numérica encontrada no presente estudo entre os grupos, aumentando o risco de fratura do terceiro metacarpiano dos animais submetidos à ESWT.

CONCLUSÕES

A terapia por ondas de choque extracorpóreas proporcionou efeito biológico quando aplicada no terceiro metacarpiano de equinos hípidos, pois após a mensuração da elasticidade óssea os animais do Grupo Tratamento apresentaram menor densidade do que os animais do Grupo Controle.

O exercício ao qual os animais de ambos os grupos deste experimento foram submetidos não provocou alteração na densidade mineral óssea.

A ultrassonografia quantitativa se mostrou um método eficiente para determinação da densidade e elasticidade ósseas.

Novas intensidades de energia na ESWT devem ser testadas para se verificar a partir de qual intensidade e momento se inicia a alteração da estrutura óssea.

BIBLIOGRAFIA*

ARBELÁEZ, J.M.H.; CONTRERAS, C.A.L.; MURILLO, M.; DURAN, R.; LOPEZ, J.C.; REYES, O.E. Tratamiento de las fracturas por estrés de la tibia en deportistas de alto rendimiento mediante litotripsia extracorpórea con ondas de choque. **Rev. Colomb. Ortop. Traumatol.**, v.19, n.1, p.73-80, 2005.

BANKS, W.J. Tecido de sustentação - osso. In: BANKS, W.J. **Histologia veterinária aplicada**. 2ª ed. São Paulo: Manole, 1991, p.137-156.

BAR, K.; WEILER, M.; BODAMER, J.; RUPPRECHT, H.; SCHRAMM, M.; CARBON, R. Extracorporeal shock wave therapy – a remedial procedure for navicular disease. **Tierarztl. Prax. Ausg. G. Nutztiere**, v.29, n.3, p.163-167, 2001.

BATHE, A.P.; ROWLANDS, D.S.; BOENING, K.J. Treatment of angular limb deformities using radial extracorporeal shockwave therapy: a prospective clinical trial. In: WORLD EQUINE VETERINARY ASSOCIATION CONGRESS, 9., 2006, Marrakesh. **Proceedings...** Marrakesh, 2006. 167-168.

BLUM, N.; KRELING, K.; LITZKE, L.F. The use of extracorporeal shock wave therapy in horses with navicular diseases. **Pferdeheilkunde**, v.21, n.1, p.29, 2005.

BOENING, K.J.; LÖFFELD, S.; WEITKAMP, K.; MATUSCHEK, S. Radial extracorporeal shock wave therapy for chronic insertion desmopathy of the proximal suspensory ligament. In: **ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS**, 46, 2000, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio, 2000, p.203–207.

BOGNA, D.; PLUSKIEWICZ, W. Quantitative ultrasound in diagnosis of metabolic bone disease. **Curr. Med. Imag. Rev.**, v.1, p.67-74, 2005.

BOLT, D.M. **The effects of non-focused extracorporeal shock waves on neuronal morphology, function and analgesia in horses.** 2004. 87P. Tese (Mestrado) – Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Baton Rouge.

BRAUN, W.; CLAIS, L.; RUTER, A.; PASCHKE, D. Effects of extracorporeal shock waves on the stability of the interface between bone and polymethylmethacrylate – an in vitro study on human femoral segments. **Clin. Biomech.**, v.7, n.1, p.47-54, 1992.

BRUJAN, E.A.; IJEDA, T.; MATSUMOTO, Y. Jet formation and shock wave emission during collapse of ultrasound-induced cavitation bubbles and their role in the therapeutic applications of high-intensity focused ultrasound. **Phys. Med. Biol.**, v.50, p.4797-4809, 2005.

BUCKINGHAN, S.H.; MCCARTHY, G.A.; ANDERSON, R.N.; MCCARTNEY, L. B.; JEFFCOTT, L.B. Ultrasound speed in the metacarpal cortex. A survey of 347 throughbreds in training, **Equine Vet. J.**, v.24, p.191-195, 1992.

BYRON, C.; STEWART, A.; BENSON, B.; TENNENT-BROWN, B.; FOREMAN, J. Effects of radial extracorporeal shock wave therapy on radiographic and scintigraphic out-comes in horses with palmar heel pain. **Vet. Comp. Orthop. Traumatol.**, v.22, p.113-118, 2009.

CAMINOTO, E.H. **Efeito da aplicação de ondas de choque extracorpóreas na placa epifisária da tíbia de coelhos.** Botucatu, 2007. 97p. Tese doutorado - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.

CARSTANJEN, B.; LEPAGE O.M.; DETILLEUX, J.; DUBOEUF, F.; AMORY, H. Use of multi-site quantitative ultrasonography for noninvasive assessment of bone in horses, **Am. J. Vet. Res.**, v.63, p.1464-1469, 2002.

CARSTANJEN, B.; LEPAGE, O.M.; HARS, O.; LANGLOIS, P.; DUBOEUF, F.; AMORY, H. Speed of sound measurements of the third metacarpal bone in young exercising thoroughbred racehorses. **Bone**, v.33, p.411-418, 2003.

CHEN, J.Y.J.; WANG, F.S.; HAUNG, H.J.; WANG, J.W.; YANG, K.D.; CHEN, S.M.S.; DELIUS, M.; DRAENERT, K.; AL DIEK, Y.; DRAENERT, Y. Biological effects of shock waves: in vivo effect of high energy pulses on rabbit bone. **Ultrasound Med. Biol.**, v.21, p.1219-1225, 1995.

COLLA, S.; ALVES, A.L.G.; HUSSNI, C.A.; NICOLETTI, J.L.M.; THOMASSIAN, A.; FONSECA, B.P.A.; CAMINOTO, E.H. Estudo retrospectivo do tratamento por ondas de choque extracorpóreas em osteoartrites clínicas de equinos. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.**, v.4, p.222-223, 2004.

DAVIES, H.M; MCCARTHY, R.N; JEFFCOTT, L.B. Surface strain on the dorsal metacarpus of thoroughbreds at different speeds and gaits. **Acta Anat.**, v.146, p. 148-153, 1993.

FABER, E.; KUIPER, J.I.; BURDORF, A.; MIEDEMA, H.S.; VERHAAR, J.A.N. Treatment of impingement syndrome: a systematic review of the effects on functional limitations and return to work. **J. Occup. Rehabil.**, v.16, n.1, 2006.

FERRARIO, R.; NASSA, G. Patologie osse intra- ed extra-articolari in fase acuta e in fase crônica: risposta clinica allá terapia com onde d'urto. . In: ONDE D'URTO IN VETERINARIA, 1998, Torino. **Atti del Convegno...** Torino, 1998.

FISHER, L.D. Biostatistics – a methodology of the health sciences. New York: Wiley-interscience, 1993. 991p.

FORRIOL, F.; SOLCHAGA, L.; MORENO, J.L.; CANADELL, J. The effect of shock waves on mature and rearing cortical bone. **Int. Orthop.**, v.18, n.5, p.325-329, 1994.

HAUPT, G. Use of extracorporeal shock waves in the treatment of pseudarthrosis, tendinopathy and other orthopedic diseases. **J. Urol.**, v.158, p.4–11, 1997.

HELLER, K.D.; NIETHARD, F.U. Use of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) in orthopaedics – review of literature. **Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.**, v.136, n.5, p.390-401, 1998.

HOLT, B.M.; RUFF, C.B.; TRINKAUS, E. The Wolff's law debate: throwing out the water, but keeping the baby. **Am. J. Phys. Anthropol.**, v.38, p.115-116, 2004.

HSU, R.W.; TAI, C.; CHEN, C.Y.; HSU, W.; HSUEH, S. Enhancing mechanical strength during early healing via shockwave treatment: an animal study. **Clin. Biomech.**, v.18, n.6, p.S33-S39, 2003.

HUBERT, J.D.; BURBA, D.J.; BOLT, D.M.; BLACKMER, J.M.; HOSGOOD, G. Changes in bone properties after extracorporeal shock wave application to the third metacarpus of horses. In: VETERINARY ORTHOPEDIC CONFERENCE, 2003, Steamboat Springs, Colorado: Veterinary Orthopedic Society, 2003.

IKEDA, K.; KATSURO, T.; TAKAYAMA, K. Application of extracorporeal shock wave on bones: preliminary report. **J. Trauma**, v.47, p.946, 1999.

JEFFCOTT, L.B.; MCCARTNEY, R.N. Ultrasound as a tool for assessment of bone quality in the horse. **Vet. Rec.**, v.116, n.13, p.337-342, 1985.

JEFFCOTT, L.B.; ROSDALE, P.D.; FREESTONE, J. An assessment wasrage in thoroughbred racing from conception to 4 years of age. **Equine Vet. J.**, v.14, p.185, 1982.

JOHANNES, E.J.; KAULESAR-SUKUL, D.M.K.S.; BIJMA, A.M.; MULDER, P.G.H. Effects of high-energy shockwaves on normal human fibroblasts in suspension. **J. Surg. Res.**, v.57, n.6, p.677-681, 1994.

KAULESAR-SUKUL, D.M.K.S.; JOHANNES, E.J.; PIERIK, E.G.J.M. The effect of high energy shock waves focused on cortical bone: an in vitro study. **J. Surg. Res.**, v.54, p.46-51, 1993.

KIDD, J. **The complete horse encyclopedia**. London: Salamader Books, 1976. p.264-266.

KIRKER-HEAD, C.A. Novel biological agents to enhance fracture healing. In: NIXON, A.J. **Equine Fracture Repair**. Pennsylvania: Philadelphia W.B. Saunders Company, 1996. p.93-103.

KOSHIYAMA, K.; KODAMA, T.; YANO, Y.T.; FUJIKAWA, S. Structural change in lipid bilayers and water penetration induced by shock waves: molecular dynamics simulations. **Biophys. J.**, v.91, p.2198-2205, 2006.

KRISCHEK, O.; ROMPE, J.D.; HERBSTHOFER, B.; NAFE, B. Symptomatic low-energy shockwave therapy in heel pain and radiologically detected plantar heel spur. **Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.**, v.136, n.2, p.169-174, 1998.

LEES, S.; ATHERN, J.M.; LEONARD, M. Parameters influencing the sonic velocity in compact calcified tissues of various species. **J. Acoust. Soc. Am.**, v.74, p.28-32, 1983.

LEE, S.C.; COAN, B.S.; BOUXSEN, M.L. Tibial ultrasound velocity measured *in situ* predicts the material properties of tibial cortical bone. **Bone**, v.21, p.119-125, 1997.

LEGEROZ, R.Z. Properties of osteoconductive biomaterials: calcium phosphates. **Clin. Orthop.**, v.395, p.81-98, 2002.

LEPAGE, O.M.; CARSTANJEN, B.; UEBELHART, D. Non-invasive assessment of equine bone: an update. **Vet. J.**, v.161, n.1, p.10-23, 2001.

LIEBERMAN, D.E.; PEARSON, O.M.; POLK, J.D.; DEMES, B.; CROMPTON, A.W. Optimization of bone growth and remodeling in response to loading in tapered mammalian limbs. **J. Exp. Biol.**, v.206, p.3125-3138, 2003.

LÖFFELD, S. **Radiale extrakorporale stosswellentherapie bei pferden mit chronischer insertionsdesmopathie am ursprung des musculus interosseus medius**, 2000. n.f. Tese (Doutorado). Klinik für pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover, Hannover.

MACHADO, V.M.V. **Avaliação óssea por ultra-sonografia quantitativa do III metacarpiano de equinos atletas da raça PSI em período de treinamento**. Botucatu, 2006. 46p. Tese doutorado - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.

MARDER, M. Shock-Wave /theory for Rupture of Rubber. **Phys. Rev. Lett.**, v.94, 2005.

MARTINI, L.; GIAVARESI, G.; FINI, M. Effect of extracorporeal shck wave therapy on osteoblastlike cells. **Clin. Orthop. Relat. Res.**, v.413, p.269-280, 2003.

MARTINI, L.; GIAVARESI, G.; FINI, M.; BORSARI, V.; TORRICELLI, P.; GIARDINO, R. Early effects of extracorporeal shock wave treatment on osteoblast-like cells: a comparative study between electromagnetic and electrohydraulic devices. **J. Trauma-Inj. Infect. Crit. Care**, v.61, n.5, p.1198-1206, 2006.

McCARROL, S.; McCLURE, S. Extracorporeal shock wave therapy for treatment of osteoarthritis of the tarsometatarsal and distal intertarsal joints of the horse. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 46., 2000, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio, 2000. p.200-202.

McCARROL, S.; McCLURE, G.D.; McCLURE S.R. Initial experiences with extracorporeal shock wave therapy for treatment of bone spavin in horses – Part II. **Vet. Comp. Orthop. Traumatol.**, v.15, n.3, p.184-186, 2002.

McCARTHY, R.N.; JEFFCOTT, L.B. Treadmill exercise intensity and its effects on cortical bone in horses of various ages. In: Persson, S.G.B.; Lindholm, A.; Jeffcott, L.B. (Eds.). **Equine exercise physiology 3**. Upsala: ICEEP Publication, 1991. p.419.

McCARTHY, R.N.; JEFFCOTT, L.B. Combined 2.25Mhz ultrasound velocity and bone mineral measurements in the equine metacarpus and their in vivo applications. **Med. Biol. Eng. Comput.**, v.25, p.620, 1987.

McCLURE, S.R.; EVANS, R.B. In vivo evaluation of extracorporeal shock wave therapy for collagenase induce suspensory ligament desmites. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 48., 2002, Orlando. **Proceedings...** Orlando, 2002. p.378-380.

McCLURE, S.; VAN SICKLE, D.; WHITE, R. Extracorporeal shockwave therapy: what does it do to equine bone? In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 46., 2000, St. Louis. **Proceedings...** St. Louis. 2000. p. 197-199.

MUELLER, M.; BOCKSTAHLER, B.; SKALICKY, M.; MLACNIK, E.; LORINSON, D. Effects of radial shock wave therapy on the limb function of dogs with hip osteoarthritis. **Vet. Rec.**, v.160, n.22, p.762-765, 2007.

NJEH, C.F.; HANS, D.; WU, C.; KANTOROVICH, E.; SISTER, M.; FUERST, T.; GENANT, H.K. An in vitro investigation of the dependence on sample thickness of the speed of sound along the specimen. **Med. Eng. Phys.**, v.21, p.691-699, 1999.

NJEH, C.F.; FUERST, T.; DIESSEL, E.; GENANT, H.K. Is quantitative ultrasound dependent on bone structure? A reflection. **Osteoporosis Int.**, v.12, p.1-15, 2001.

OGDEN, J.A.; TÓTH-KISCHKAT, A.; SCHULETHEISS, R. Principles of shock wave therapy. **Clin. Orthop. Rel. Res.**, n.387, p.8-17, 2001.

OKUNO, E; FRATIN, L. **Desvendando a física do corpo humano: biomecânica**. Barueri: Manole, 2003.

OSBJORN, M.P.; LIEBERMAN, D.E. The aging of Wolff's law: ontogeny and responses to mechanical loading in cortical bone. **Yearb. Phys. Anthropol.**, v.47, p.63-99, 2004.

PAN, P.J.; CHOU, C.L.; CHIOU, H.J.; MA, H.L.; LEE, H.C.; CHAN, R.C. Extracorporeal shock wave therapy for chronic calcify tendinitis of the shoulders: a functional and sonographic study. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v.84, p.988-993, 2003.

PRATT, G.W. An in vivo method of ultrasonically evaluating bone strength. In: ANNUAL CONVENTION OF AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 26., 1980, Orlando. **Proceedings...** Orlando, 1980. p.295-301.

PREVRHAL, S.; FUEST, T.; FAN, B.; NJEH, C.; HANS, D.; UFFMANN, M.; SRIVASTAV, S.; GENANT, H.K. Quantitative ultrasound of the tibia depends on both cortical density and thickness. **Osteoporos. Int.**, v.12, p.28-34, 2001.

QUIRION, P. Radial shockwave therapy for equine orthopedic problems. **J. Equine Vet. Sci.**, v.20, p.733-735, 2000.

RABIN, D.S.; RANTANEN, N.W.; SEDER J.A.; MILLER, P.; HELLHAKE, P. The clinical use of bone strength assessment in thoroughbred racehorse. In: ANNUAL CONVENTION OF AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE

PRACTITIONERS, 28, 1983, Orlando. **Proceedings...** Orlando, 1983. p.343-351.

REMEDIOS, A. Bone and bone healing. **Vet. Clin. North Am. - Small Anim. Pract.**, v.29, p.1029-1043, 1999.

REVENAUGH, M.S. Extracorporeal shock wave therapy for treatment of osteoarthritis in the horse: clinical applications. **Vet. Clin.**, v.21, p.609-625, 2005.

RICHARDSON, D.W. Dorsal cortical fractures of the equine metacarpus. **Compend. Educ. Pract. Vet.**, v.6, p. 248-255, 1984.

ROMPE, J.D., EYSEL P., HOPF, C. Extrakorporale stosswellentherapie in der orthopadie. **Fortschr Med.**, v.18, p.26-33, 1997.

RUFF, C.B.; WALKER, A.; TRINKAUS, E. Postcranial robusticity in homo. III: ontogeny. **Am. J. Phys. Anthropol.**, v.93, p.35-54, 1994.

SCHADEN, W.; FISCHER, A.; SAILLER, A. Extracorporeal shock wave therapy of nonunion or delayed osseous union. **Clin. Orthop. Rel. Res.**, v.387, p. 90-94, 2001.

SEIL, R.; RUPP, S.; HAMMER, D.S.; ENSSLIN, S.; GEBHARDT, T.; KOHN, D. Extracorporeal shockwave therapy in tendinosis calcarea of the rotator cuff: comparison of different treatment protocols. **Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.**, v.137, n.4, p. 310-315, 1999.

SHTEYER A., KABAN L.B., KAO R.T. Effect of demineralized bone powder on osteoblast-like cells in culture. A potencial rapid quality control assay. **Int. J. Oral Maxillofac Surg.**, v.19, p.370-373, 1990.

STASHAK, T.S. **Adam's lameness in horses**. 4. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994.

TURNER, C.H. ROBLING, A.G. The exercise for improving bone strength. **Br. J. Sports Med.**, v.39, p.188-189, 2005.

VALCHANOU, V.D.; MICHAILOV, P. High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion fractures. **Int. Orthop.**, Belfast, v.15, p.181-184, 1991.

VAN DEN BERG, J.P.; VAN LENTHE, G.H.; HERMUS, A.R.; CORSTENS, F.H.; SMALS, A.G.; HUISKES, R. Speed of sound reflects Young's modulus as assessed by microstructural finite element analysis. **Bone**, v.26, p.519-524, 2000.

WANG, F.S.; KEUDER, K.D.; WONG, C.J. Transforming growth factor beta 1 involved in extracorporeal shock wave promotion of bone marrow mesenchymal osteoprogenitors growth. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF MUSCULOESKELETAL SHOCKWAVE THERAPY, 3., 2000, Phoenix. **Proceedings...** Phoenix, 2000. p.99.

WANG, F.S.; WANG, C.J., HUANG H.J.; CHUNG, H.; CHEN, R.F.; YANG, K.D. Physical shock wave mediates membrane hyperpolarization and Ras activation for osteogenesis in human bone marrow stromal cells. **Biochem. Biophys. Res. Commun.**, v.287, n.3, p.648-655, 2001.

WANG, C.J.; KO, J.Y.; CHAN, Y.S.; WENG, L.H.; HSU, S.L. Extracorporeal shockwave for chronic patellar tendinopathy. **Am. J. Sports Med.**, v.35, p.972-978, 2007a.

WANG, C.J.; LIU, H.C.; FU, T.H. The effects of extracorporeal shockwave on acute high-energy long bone fractures of the lower extremity. **Arch. Orthop. Trauma Surg.**, v.127, n.2, p.137-142, 2007b.

WANG, C.J.; WANG, F.S.; YANG K.D. Biological effects of extracorporeal shockwave in bone healing: a study in rabbits. **Arch. Orthop. Trauma Surg.**, v.128, n.8, p.879-884, 2008.

WEISS, M.; BEN-SHLOMO, A.; HAGAG, P.; IRISH-SHALOM, S. Discrimination of proximal hip fracture by quantitative ultrasound measurement at the radius. **Osteoporosis Int.**, v.11, p. 688-696, 2000.

WHAN, G.; RUNCIMAN, J.; HURTIG, M. Correlation of quantitative ultrasound measurements with material properties and bone mineral density in the equine metacarpus. **Equine Comp. Exercise Physiol.**, v.1, p.61-69, 2004.

BRAZILIAN JOURNAL OF VETERINARY RESEARCH AND ANIMAL SCIENCE

ISSN 1413-9596 *versão impressa* / ISSN 1678-4456 *versão online*

Seção de Publicação

Av. Prof. Dr. Orlando Marques de Paiva, 87

Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira

05508-270 São Paulo SP Brasil

Tel.: +55 11 3091-7636

Fax: +55 11 3031-3074 / 3091-7672 / 3091-7678

Normas editoriais

Artigo completo

1 - Deverá ser inédito e destinar-se exclusivamente ao periódico **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**.

2 - Limitar-se a um máximo de dez páginas digitadas.

3 - Ser escrito em língua portuguesa, na ortografia oficial, ou em língua inglesa.

4 - Usar somente nomenclaturas oficiais e abreviaturas consagradas, não empregando abreviaturas no título do artigo.

5 - Ser estruturado dentro dos seguintes itens:

a) Página de rosto

b) Título em português e inglês

c) Introdução

d) Material e Método

e) Resultados

f) Discussão

g) Conclusões

h) Referências Bibliográficas

i) Resumo/Summary e Unitermos/Uniterms.

Os itens Resultados, Discussão e Conclusões poderão ser colocados em uma única seção, salvo entendimento contrário do Corpo Editorial.

6 - Apresentar, obrigatoriamente, dois resumos, nos idiomas inglês e português, não devendo ultrapassar 250 (duzentos e cinquenta) palavras, seguidos dos unitermos, limitados a 5 (cinco), que correspondem a palavras ou expressões que identificam o conteúdo do artigo. Os resumos não têm parágrafos e seus unitermos devem estar escritos na forma maiúscula e minúscula.

Nota prévia

1 - Deverá ser inédita e destinar-se exclusivamente ao periódico **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**.

- 2 - Limitar-se ao máximo de três páginas digitadas.
- 3 - Ser escrita em língua portuguesa, na ortografia oficial, ou em língua inglesa.
- 4 - Usar somente as nomenclaturas oficiais e abreviaturas consagradas.
- 5 - Não deverão ser subdivididos em seções separadas (Introdução, Material e Método etc.), mas deverão apresentar, obrigatoriamente, dois resumos, com Unitermos, à semelhança do que foi descrito para a apresentação de **Artigo completo**, além de Referências Bibliográficas.

Artigo de revisão

Os artigos de revisão só poderão ser publicados por especialistas de renome a convite da Comissão de Publicação. Entretanto, o esboço de um artigo de revisão poderá ser submetido à Comissão de Publicação sem prévia consulta e, se este for considerado apropriado, o(s) autor(es) será(ão) convidado(s) a preparar o artigo para publicação. Esses artigos deverão seguir as normas de **Artigo completo**, porém sem subdivisão em Introdução, Material e Método, Resultados e Discussão, preservando-se apenas dois resumos, com Unitermos, à semelhança do que foi descrito para a apresentação de **Artigo completo**, além de Referências Bibliográficas.

Apresentação dos trabalhos

1 - **Digitação:** original em disquete 3 1/2" de alta densidade, devidamente identificado com o título do artigo e nome do(s) autor(es) e três cópias impressas, inclusive suas tabelas e referências bibliográficas; deve ser digitado obrigatoriamente em formato A4 (21,0 x 29,7cm), espaço duplo, em uma só face de papel, margens de 2,5cm, fonte Times New Roman tamanho 10 e numeração consecutiva das páginas. Ilustrações e legendas devem ser relacionadas em folhas separadas. Os artigos deverão ser apresentados utilizando-se o editor de texto Microsoft Word.

2 - **Página de rosto:** todo artigo deve ter uma página de rosto com o título do artigo, nome(s) do(s) autor(es) e instituição de origem. O rodapé da página deverá mencionar o endereço completo (inclusive e-mail) do autor a quem deverão ser encaminhadas as correspondências. Observar que unicamente nesta página conste a identificação dos autores, para o devido sigilo e imparcialidade. Se o artigo for subvencionado, mencionar a instituição que o patrocinou, assim como os agradecimentos.

3 - **Tabelas:** devem ser numeradas em algarismos arábicos e encabeçadas pelo título, seguido de local e data. Na montagem das tabelas seguir: IBGE. Normas de apresentação tabular. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 61p.. O limite de tabelas por trabalho é de cinco. Em casos excepcionais, conhecida a

opinião do Corpo Editorial, este número poderá ser ultrapassado. No texto devem ser indicadas pela abreviatura Tab.

4 - Ilustrações (fotografias, gráficos, desenhos ou esquemas): devem ser numeradas consecutivamente com algarismos arábicos e citadas como figuras. As fotografias deverão ser identificadas com o título do artigo e o nome do autor principal, além de conter no verso a indicação de seu correto posicionamento. Gráficos, desenhos ou esquemas deve ser fornecidos em folha à parte identificada com o título do artigo e o nome do autor principal, além das respectivas legendas. Todas as ilustrações deverão ser fornecidas em três vias. Os gráficos devem trazer sempre os valores numéricos que lhes deram origem. Desenhos e esquemas devem apresentar boa qualidade técnica e artística (caso tenham sido gerados com o auxílio do computador, sempre acompanhados dos originais impressos). Aceitar-se-á um número máximo de nove ilustrações por artigo, distribuídas da seguinte forma: três fotografias, três gráficos e três desenhos/esquemas. Acima deste limite, as despesas com reprodução correrão por conta do autor. Ilustrações coloridas, independentemente do número, serão cobradas. No texto devem ser indicadas pela abreviatura Fig.

5 - Referências bibliográficas: devem ser arranjadas em ordem alfabética por sobrenome do autor e numeradas consecutivamente. Os títulos de periódicos devem ser mencionados de maneira uniforme, ou seja, todos por extenso. As referências seguem a normalização da NBR-6023/2000, que deverá ser consultada para outros tipos de documentos não exemplificados nas Instruções aos Autores.

Exemplo de periódico

KOTZEKIDOV, P.; BLOUKAS, J.G. Effect of protective cultures and packaging film permeability on shelf-life of sliced vacuum-pocked cooked ham. **Meat Science**, v.42, n.3, p.333-45, 1996.

Exemplo de livro no todo

HALLIWELL, R.E.W.; GORMAN, N.T. **Veterinary clinical immunology**. London : W.B. Saunders, 1989. 548 p.

Exemplo de autor diferente para o livro e capítulo

FENNER, W.R. Avaliação neurológica dos pacientes. In: ETTINGER, S.J. **Tratado de medicina interna veterinária**. 3.ed. São Paulo : Manole, 1992. p.577-606.

Exemplo de mesmo autor para o livro e capítulo

THORTON, H. Deleterious changes in meat. In: THORTON, H. **Aspects of meat inspection**. London: Thindall & Cassel, 1973. p. 63-72.

Exemplo de tese

BIRGEL, E. H. **Estudo do quadro eritrocitário de caprinos (*Capra hircus*, L.) normais criados no Estado de São Paulo**: influências de fatores raciais, sexuais, etários e alimentares, 1973. 92 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Exemplo de evento

OLIVEIRA, C.A. Hormonoterapia em cadelas e gatas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 9., Belo Horizonte, 1991. **Anais**. Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 1991. p.100-11.

Exemplo de monografia eletrônica considerada no todo

POORE, M. H. **Alternative feeds for beef cattle**. North Carolina: North Carolina Corporative Extension Service, 1994. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/drought/dro-28.html>>. Acesso em: 23 abr. 1997.

Exemplos de artigos de periódicos eletrônicos

MENDONÇA JR., C.X.; MARTINS, A.P.; MORI, A.V.; SILVA, A.B.; MORI, C.S. Efeito da adição de óleo de peixe à dieta sobre o desempenho e níveis de lípides plasmáticos e de colesterol no ovo de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.37, n.1. 2000. Disponível em: <http://cgi_bin/wxis.exe/iach/scielo>. Acesso em: 31 jan. 2001

6 - **Citações no texto**: devem ser feitas por número sobrescrito. Quando indispensável para a compreensão do texto, combinar sobrenome do autor com indicação do número sobrescrito correspondente ao número que aparece nas Referências Bibliográficas. Neste caso, quando se tratar de dois autores, ambos devem ser citados. No caso de mais de dois autores, a citação deve ser acompanhada pelo sobrenome do primeiro autor seguido da expressão et al., em letra maiúscula e minúscula, conforme exemplos abaixo:

Triparthy e Hanson¹¹

Yanaguita et al.⁹

“Trabalho enviado para a revista Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science”

**DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL E DA ELASTICIDADE ÓSSEA
APÓS A APLICAÇÃO DE ONDAS DE CHOQUE EXTRACORPÓREAS NO
TERCEIRO METACARPIANO DE EQUINOS ATLETAS**

**MINERAL DENSITY AND BONE ELASTICITY DETERMINATION AFTER
EXTRACORPOREAL SHOCK WAVES APPLICATION IN THIRD
METACARPUS OF ATHLETES EQUINE**

Marcelo Damas PYLES¹

Ana Liz Garcia ALVES¹

Elen Silvia Carvalho SIQUEIRA-PYLES²

Vânia Maria Vasconcelos MACHADO²

Brunna Patrícia Almeida da FONSECA³

¹Departamento de Cirurgia e Anestesiologia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP

²Departamento de Radiologia e Reprodução Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP

³Departamento de Veterinária, Universidade Federal de Viçosa - MG

Introdução

As lesões no sistema músculo-esquelético são as causas mais comuns de queda de desempenho em equinos atletas e frequentemente responsável pelo seu afastamento permanente da atividade atlética.

Com frequência são diagnosticadas em equinos de corrida periosteíte, fraturas por estresse e fissuras do osso terceiro metacarpiano, acometendo principalmente animais jovens com elevado desempenho atlético em velocidade¹.

Recentemente a utilização da terapia por ondas de choque extracorpóreas tem sido descrita como forma de tratamento para várias lesões do sistema esquelético dos equinos atletas, principalmente através da observação da volta à atividade atlética e melhora do grau de claudicação.

Portanto, o presente estudo avaliou o efeito da aplicação de ondas de choque extracorpóreas no terceiro metacarpiano de equinos hígidos através da determinação da elasticidade óssea.

Na medicina humana, a litotripsia extracorpórea por ondas de choque é um procedimento terapêutico de efeito comprovado para o tratamento de cálculos renais. A ESWT envolve perturbações mecânicas que, com outras terapias físicas, pode resultar em estímulo mecânico para um grande número de células, incluindo células ósseas².

Atualmente a ESWT está sendo utilizada no tratamento de algumas enfermidades ortopédicas específicas de humanos e também animais³. Onda de choque é definida como uma onda de pressão caracterizada por alta e rápida pressão de pico, com curta duração de pulso, seguida por rápida descompressão, atingindo a pressão negativa⁴.

Apesar de pouco entendimento sobre o mecanismo exato de como as ondas de choque exercem seu efeito nos tecidos, quatro fases de reação foram postuladas de ocorrer no corpo. Na fase física, ocorrem cavitações extracelulares, ionização de moléculas e aumento da permeabilidade das membranas. A fase subsequente, físico-química, consiste na interação entre os radicais difundidos e biomoléculas liberadas pelas células estimuladas pelas ondas. Isto resulta na fase química, caracterizada por reações intracelulares e alterações moleculares nas células. A fase biológica é estabelecida se as modificações ocorridas na fase química persistirem⁵.

Atualmente, a ESWT vem sendo utilizada para o tratamento de uma variedade de lesões músculo-esqueléticas dos equinos, como tendinites, desmites, fraturas por estresse, não-união, traumas no processo espinoso dorsal, osteoartrite, síndrome do navicular. Assim, a popularidade e a viabilidade da ESWT para o tratamento de lesões músculo-esqueléticas de equinos estão aumentando⁶.

Wang et al.⁷ relataram o efeito das ondas de choque na promoção seletiva do crescimento de células osteoprogenitoras da medula óssea, em diferentes doses, com efeito estimulante em doses mais baixas e efeito inibitório em doses mais altas.

A terapia com ondas de choque em equinos com osteoartrite tem se mostrado efetiva, podendo reduzir o grau de claudicação por alterar a pressão intra-óssea e melhorar a estabilidade articular ao fortalecer as estruturas dos tecidos moles ao redor e/ou a articulação⁸.

A reparação óssea é obtida por meio da estimulação das células com pulsos de baixa energia. Utilizando-se ondas de choque de alta energia ocorre destruição da microestrutura óssea, necrose e neoformação de tecido ósseo⁹.

Estudos têm abordado a aplicação da velocidade ultrassonográfica para avaliação da densidade e resistência dos ossos, pois a velocidade da onda sonora está diretamente relacionada à elasticidade e densidade óssea, referindo-se à propriedade de resistência de inclinação óssea, rigidez e limiar de fratura¹⁰.

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de ondas de choque extracorpóreas no osso terceiro metacarpiano de equinos hípidos mensurados através da determinação da elasticidade óssea.

Material e Método

Foram utilizados 20 equinos da raça Puro Sangue Inglês (PSI) entre machos e fêmeas, com dois anos de idade, com média de peso corporal de 450Kg, clinicamente sadios e em início de treinamento.

O momento zero do experimento foi denominado Dia 0 (D0).

O Grupo Controle foi composto por dez animais (GC1, GC2, GC3, GC4, GC5, GC6, GC7, GC8, GC9 e GC10), nos quais o terceiro metacarpiano direito de cada um foi submetido à avaliação da elasticidade óssea no D0, D21, D42 e D72, como descrito:

- D0 - correspondente ao dia da primeira avaliação;
- D21 - correspondente ao 21º dia após a primeira avaliação;
- D42 - correspondente ao 42º dia após a segunda avaliação;
- D72 - correspondente ao 72º dia após a terceira avaliação.

O Grupo Tratamento foi composto pelos demais 10 animais (GT1, GT2, GT3, GT4, GT5, GT6, GT7, GT8, GT9 e GT10), nos quais o terceiro metacarpiano direito de cada um foi submetido à avaliação da elasticidade óssea antes do tratamento, aplicação de ondas de choque extracorpóreas e nova avaliação de elasticidade óssea pós-tratamento, como descrito:

- D0 - correspondente ao dia da primeira aplicação de ESWT;
- D21 - correspondente ao 21º dia após a primeira aplicação de ESWT;
- D42 - correspondente ao 21º dia após a segunda aplicação de ESWT;
- D72 - correspondente ao 30º dia após a terceira aplicação de ESWT.

No D0 todos os animais selecionados foram submetidos à determinação da elasticidade óssea do membro anterior direito, realizada pela transmissão de velocidade ultrassonográfica do terceiro metacarpiano com o auxílio de um transdutor, com função transmissora e receptora, com 1,25 MHz de frequência conectados a um módulo pulsátil e um osciloscópio, utilizando-se aparelho modelo Sunlight Equis (Sunlight Medical). A aplicação da ESWT, sem a realização de tricotomia local e utilizando-se gel hidrofílico para aumentar o contato da sonda com a pele. No membro torácico direito, na região coincidente à da determinação da elasticidade óssea, foi utilizado aparelho para terapia de ondas de choque extracorpóreas (Versa tron High Medical Technologies – Alemanha) com densidade de fluxo de energia de $0,15\text{mJ}/\text{mm}^2$ e 2000 pulsos.

Para a aplicação da ESWT foi utilizada a sonda E6R20, com a característica do foco da onda de choque de 20mm.

As sessões de aplicação da ESWT se repetiram a cada 21 dias totalizando três sessões, realizadas nos dias:

- D0 - correspondente ao dia da primeira aplicação de ESWT;
- D21 - correspondente ao 21º dia após a primeira aplicação de ESWT;
- D42 - correspondente ao 21º dia após a segunda aplicação de ESWT.

Foi utilizada a análise de perfil, sendo que o nível de significância utilizado foi de 5%¹¹.

Resultados

As médias e desvios padrões referentes à velocidade ultrassonográfica (SOS) do terceiro metacarpiano dos equinos, segundo momentos e grupos estudados, estão demonstrados na Tab. 1.

Observa-se que nos momentos D21, D42 e D72 houve diferença estatística significativa entre os grupos Controle e Tratamento.

Tabela 1 - Médias e desvios-padrões referentes à variável SOS segundo momentos e grupos

Momento	Grupo Controle	Grupo Tratamento
D0	3937±142 ^a	3828±110 ^a
D21	3983±208 ^a	3819±100 ^b
D42	3999±221 ^a	3841±122 ^b
D72	3999±221 ^a	3838±57 ^b

Letras minúsculas comparam médias de grupos em cada momento
 Não houve diferença entre os momentos em cada grupo

As médias e desvios padrões referentes à massa (Z-Score) do terceiro metacarpiano dos equinos, segundo momentos e grupos estudados, estão demonstrados na Tab. 2. Observa-se que nos momentos D21 e D42 houve diferença estatística significativa entre os grupos Controle e Tratamento.

Tabela 2 - Médias e desvios-padrões referentes à variável Z-Score segundo momentos e grupos

Momento	Grupo Controle	Grupo Tratamento
D0	0,0±0,7 ^a	-0,2±0,8 ^a
D21	0,5±0,9 ^a	-0,4±0,7 ^b
D42	0,5±0,9 ^a	-0,2±0,5 ^b
D72	0,6±0,9 ^a	-0,1±0,5 ^a

Letras minúsculas comparam médias de grupos em cada momento
 Não houve diferença entre os momentos em cada grupo

As médias e desvios padrões referentes ao risco de fratura (Risk) do terceiro metacarpiano dos equinos, segundo momentos e grupos estudados, estão demonstrados na Tab. 3. Observa-se que no momento D21 houve diferença estatística significativa entre os grupos Controle e Tratamento.

Tabela 3 - Médias e desvios-padrões referentes à variável Risk segundo momentos e grupos

Momento	Grupo Controle	Grupo Tratamento
D0	1,1±0,4 ^a	1,3±0,6 ^a
D21	0,8±0,5 ^b	1,5±0,6 ^a
D42	0,8±0,5 ^a	1,2±0,5 ^a
D72	0,8±0,5 ^a	1,3±0,4 ^a

Letras minúsculas comparam médias de grupos em cada momento
 Não houve diferença entre os momentos em cada grupo

Discussão

Os equinos são amplamente utilizados nas áreas esportivas, trabalho e recreação. Essa diversidade de atuação contribui muito para o desenvolvimento do mercado equestre, incentivando consequentemente a evolução da medicina esportiva equina.

Muitos fatores estão envolvidos nas enfermidades locomotoras, assim como alimentação, idade, conformação esquelética, superfície e nível de treinamento. Contudo, é necessário obter maiores informações quanto à maximização da resistência e adaptação das estruturas ósseas e tecidos moles dos equinos de corridas, pois a maioria dos animais inicia o treinamento atlético no período entre 18 a 20 meses de idade, no qual a maturidade esquelética ainda não está completa¹²). No presente experimento os animais utilizados eram da raça PSI e apresentavam em média 24 meses de idade, em fase de início de treinamento, porém com completa maturidade esquelética.

Diante da frequente ocorrência de lesões, melhores investigações sobre as técnicas, ação e resultados da ESWT são necessárias, por se tratar de um método de tratamento com várias qualificações, além de ser não invasivo. Assim, no presente estudo, foi realizada a aplicação da ESWT no osso terceiro metacarpiano de equinos atletas para a obtenção de dados relativos às alterações na estrutura óssea que ela pode ser capaz de provocar. Tais resultados podem ser úteis para que as técnicas sejam cada vez mais padronizadas e se tornem uma alternativa segura e eficaz no tratamento de lesões ósseas.

No presente experimento os animais do Grupo Tratamento foram tratados com ondas de choque extracorpóreas com pulsos de alta energia. Segundo Arbeláez et al.⁹, a reparação óssea é obtida por meio da estimulação das células com pulsos de baixa energia e que ao se utilizar ondas de choque de alta energia, como a que foi utilizada no presente experimento, com densidade de fluxo de energia de

0,15mJ/mm² e 2000 pulsos, pode ocorrer destruição da microestrutura óssea, necrose e neo-formação de tecido ósseo.

Vários estudos ressaltaram a importância da utilização da ESWT em casos de diversas lesões em estruturas ósseas, como remodelamento ósseo, analgesia óssea e reparação de fraturas. No presente estudo, a densidade mineral óssea foi avaliada pelo método de ultrassonografia quantitativa após a aplicação da ESWT em equinos, para verificação da ocorrência ou não de alteração na densidade mineral óssea, pois de acordo com Lees et al.¹³ a QUS apresenta grande indicação para a avaliação quantitativa e qualitativa óssea.

A massa óssea também é considerada como um importante parâmetro na mensuração da resistência mecânica dos ossos¹⁴. Por este motivo, no presente estudo foi mensurada a massa óssea do osso terceiro metacarpiano em diferentes momentos após a aplicação de ESWT e foi observado que a massa óssea dos animais do Grupo Tratamento diferiu estatisticamente dos animais do Grupo Controle nos momentos D21 e D42.

McCarthy e Jeffcott¹⁵ relataram que exercícios de baixa intensidade durante períodos prolongados não alteram a massa ou densidade do terceiro metacarpiano. Porém, treinamentos de elevada intensidade resultam em um aumento significativo nos valores da velocidade ultrassonográfica. Estes pesquisadores atribuíram esses resultados a um aumento na densidade óssea consequente à diminuição da porosidade. No presente experimento os animais de ambos os grupos foram submetidos a exercícios de baixa intensidade, o que pode justificar os resultados encontrados no Grupo Controle, os quais não demonstraram diminuição da densidade mineral óssea em nenhum momento avaliado.

Hubert et al.¹⁶ não encontraram diferença na taxa de aposição mineral em lesões experimentais no osso terceiro metacarpiano em seu estudo com oito equinos, onde utilizaram o membro contra-lateral como controle e foram administradas duas aplicações de ondas de choque extracorpóreas, sem citação da dose utilizada. Porém, no presente estudo, houve diferença estatística significativa na velocidade ultrassonográfica entre os animais dos grupos Controle e Tratamento, mostrando a ação da ESWT na diminuição da densidade mineral óssea.

Através das médias e desvios padrões referentes à variável SOS do terceiro metacarpiano dos animais do presente estudo, pode-se observar que houve diferença estatística significativa nos momentos D21, D42 e D72 entre os grupos Controle e Tratamento. Estes dados comprovam que a ESWT realizada nos animais do Grupo Tratamento nos momentos D0, D21 e D42 causou efeito na estrutura óssea em

estudo com relação à velocidade ultrassonográfica. Valchanou e Michailov¹⁷ afirmaram que a ESWT estimulou a osteogênese devido à destruição cortical local e fragmentação, além da melhora do fluxo sanguíneo local. No presente estudo observou-se diferença estatística significativa no D21, D42 e D72 entre os grupos, com relação à velocidade ultrassonográfica, o que pode ser explicado pelo maior estímulo da osteogênese provocado pela ESWT nos animais do Grupo Tratamento, com maior vascularização local no osso terceiro metacarpiano levando à menor densidade mineral óssea do mesmo. Acredita-se que o efeito positivo na cicatrização seja dependente do nível energético utilizado no tratamento.

Com relação ao risco de fratura do terceiro metacarpiano dos animais dos grupos Controle e Tratamento do presente estudo, os dados estatísticos das médias e desvios padrões dos grupos diferiram significativamente somente no momento D21, porém, numericamente, observa-se no Grupo Tratamento aumento nos valores referentes ao risco de fratura em todos os momentos estudados após o início da ESWT. Embora tais diferenças não sejam estatisticamente significativas, elas podem mostrar que a ESWT parece alterar a estrutura óssea, pois de acordo com Arbeláez et al.⁹ que utilizaram ondas de choque de alta energia, como no presente experimento, ocorre destruição da microestrutura óssea, necrose e neo-formação de tecido ósseo. Valchanou e Michailov¹⁷ ainda acrescentaram que o estímulo da osteogênese ocorre pela destruição cortical local e fragmentação, além da melhora do fluxo sanguíneo local, fatos que podem justificar a diferença numérica encontrada no presente estudo entre os grupos, aumentando o risco de fratura do terceiro metacarpiano dos animais submetidos à ESWT.

Conclusões

A terapia por ondas de choque extracorpóreas proporcionou efeito biológico quando aplicada no terceiro metacarpiano de equinos hígidos, pois após a mensuração da elasticidade óssea os animais do Grupo Tratamento apresentaram menor densidade do que os animais do Grupo Controle.

Novas intensidades de energia na ESWT devem ser testadas para se verificar a partir de qual intensidade e momento se inicia a alteração da estrutura óssea.

Referências Bibliográficas

- 1 RICHARDSON, D.W. Dorsal cortical fractures of the equine metacarpus. **Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian**, v.6, p. 248-255, 1984.

2 MARTINI, L.; GIAVARESI, G.; FINI, M.; BORSARI, V.; TORRICELLI, P.; GIARDINO, R. Early effects of extracorporeal shock wave treatment on osteoblast-like cells: a comparative study between electromagnetic and electrohydraulic devices. **Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care**, v.61, n.5, p.1198-1206, 2006.

3 McCARROL, S.; McCLURE, G.D.; McCLURE S.R. Initial experiences with extracorporeal shock wave therapy for treatment of bone spavin in horses – Part II. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v.15, n.3, p.184-186, 2002.

4 QUIRION, P. Radial shockwave therapy for equine orthopedic problems. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.20, p.733-735, 2000.

5 BOLT, D.M. **The effects of non-focused extracorporeal shock waves on neuronal morphology, function and analgesia in horses**. 2004. 87P. Tese (Mestrado) – Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Baton Rouge.

6 BYRON, C.; STEWART, A.; BENSON, B.; TENNENT-BROWN, B.; FOREMAN, J. Effects of radial extracorporeal shock wave therapy on radiographic and scintigraphic out-comes in horses with palmar heel pain. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v.22, p.113-118, 2009.

7 WANG, C.J.; KO, J.Y.; CHAN, Y.S.; WENG, L.H.; HSU, S.L. Extracorporeal shockwave for chronic patellar tendinopathy. **The American Journal of Sports Medicine**, v.35, p.972-978, 2007a.

8 REVENAUGH, M.S. Extracorporeal shock wave therapy for treatment of osteoarthritis in the horse: clinical applications. **Veterinary Clinical**, v.21, p.609-625, 2005.

9 ARBELÁEZ, J.M.H.; CONTRERAS, C.A.L.; MURILLO, M.; DURAN, R.; LOPEZ, J.C.; REYES, O.E. Tratamiento de las fracturas por estrés de la tibia en deportistas de alto rendimiento mediante

litotripsia extracorpórea con ondas de choque. **Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología.**, v.19, n.1, p.73-80, 2005.

10 LEPAGE, O.M.; CARSTANJEN, B.; UEBELHART, D. Non-invasive assessment of equine bone: an update. **Veterinary Journal**, v.161, n.1, p.10-23, 2001.

11 FISHER, L.D. **Biostatistics – a methodology of the health sciences**. New York: Wiley-interscience, 1993. 991p.

12 CARSTANJEN, B.; LEPAGE, O.M.; HARS, O.; LANGLOIS, P.; DUBOEUF, F.; AMORY, H. Speed of sound measurements of the third metacarpal bone in young exercising thoroughbred racehorses. **Bone**, v.33, p.411-418, 2003.

13 LEES, S.; ATHERN, J.M.; LEONARD, M. Parameters influencing the sonic velocity in compact calcified tissues of various species. **Journal of the Acoustical Society of America**, v.74, p.28-32, 1983.

14 TURNER, C.H. ROBLING, A.G. The exercise for improving bone strength. **British Journal of Sports Medicine**, v.39, p.188-189, 2005.

15 McCARTHY, R.N.; JEFFCOTT, L.B. Effects of treadmill exercise on cortical bone in the third metacarpus of young horses. **Research in Veterinary Science**, v.58, p.28, 1992.

16 HUBERT, J.D.; BURBA, D.J.; BOLT, D.M; BLACKMER, J.M.; HOSGOOD, G. Changes in bone properties after extracorporeal shock wave application to the third metacarpus of horses. In: VETERINARY ORTHOPEDIC CONFERENCE, 2003, Steamboat Springs, Colorado: Veterinary Orthopedic Society, 2003.

17 VALCHANOU, V.D.; MICHAÏLOV, P. High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion fractures. **International Orthopaedics**, Belfast, v.15, p.181-184, 1991.

Resumo e Unitermos

Objetivou-se neste estudo avaliar os efeitos da aplicação de ondas de choque extracorpóreas no terceiro metacarpiano de equinos hígidos através da determinação da elasticidade óssea. Foram utilizados 20 equinos Puro Sangue Inglês, machos e fêmeas, com dois anos de idade, clinicamente sadios, em início de treinamento, selecionados quanto ao estado de higidez. No D0 todos os animais foram submetidos à avaliação da elasticidade óssea no terceiro metacarpiano. Os animais foram divididos em dois grupos (Grupo Controle e Grupo Tratamento). A aplicação da ESWT foi realizada no membro torácico direito dos animais do grupo Tratamento, na região coincidente à da avaliação da elasticidade óssea. Foi utilizado aparelho para terapia de ondas extracorpóreas com densidade de fluxo de energia de $0,15\text{mJ}/\text{mm}^2$ e 2000 pulsos com sonda E6R20, com característica do foco da onda de choque de 20mm. A ESWT foi repetida a cada 21 dias totalizando três sessões (D0, D21 e D42). A análise da determinação da elasticidade óssea foi realizada no D0, D21, D42 e D72. A média da velocidade ultrassonográfica diferiu entre os grupos no D21, D42 e D72, sendo que os animais do Grupo Tratamento apresentaram menor densidade mineral óssea após as aplicações da ESWT. Houve diferença também à análise da massa óssea entre os grupos no D21 e D42, quando os animais do Grupo Tratamento apresentaram diminuição significativa da massa óssea. O risco de fratura apresentou-se maior nos animais do Grupo Tratamento no D21. Concluiu-se que a ESWT é capaz de promover alteração da densidade mineral óssea.

UNITERMOS: Equinos, Terceiro metacarpiano, Ondas de choque extracorpóreas, Elasticidade óssea.

Abstract and Uniterms

The porpoise of this study was to evaluate the effects of extracorporeal shock waves in third metacarpus bone from healthy horses by determination of bone elasticity. It were used 20 Thoroughbred horses, male and female, with two years old, clinically healthy, on top of training, selected as the state healthy. At D0 all animals were submitted for evaluation of bone elasticity held in the third metacarpus bone. The animals were divided into two groups (Control Group and Treatment Group). The application of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) was performed on the right forelimb of the animals in the treatment group in the same place evaluated for bone elasticity and was used apparatus for extracorporeal therapy of waves with $0.15\text{mJ}/\text{mm}^2$ energy flux density and 2000 pulses with E6R20 probe, with focus feature of the shock wave of 20mm. The ESWT were repeated every 21 days, a total of three sessions (D0, D21 and D42). The analysis of bone elasticity determination was realized at D21, D42 and D72. The

average of speed ultrasound differed between groups at D21, D42 and D72, and the animals from treatment group had lower bone mineral density after applications of ESWT. There was also difference in the analysis of bone mass (Z-Score) between the groups at D21 and D42, which animals from treatment group showed a significant decrease in bone mass. The risk of fracture were higher in animals from treatment group at D21. It was concluded that ESWT is able to promote change in bone mineral density.

KEY WORDS: Equine, third metacarpal, extracorporeal shock wave, bone elasticity.