

Influência do ultra-som terapêutico na epífise de crescimento ósseo de coelhos

Influence of therapeutic ultrasound on rabbits bone growth plate

Carlos Alberto dos Santos¹, Henrique Sodré de Almeida Fialho², José Antônio Pinto³, Maria Teresa de Seixas Alves⁴

¹ Fisioterapeuta; Mestre em Ciências da Saúde pela EPM/Unifesp (Universidade Federal de São Paulo)

² Médico; Prof. Dr. associado da disciplina Ortopedia Pediátrica do Depto. de Ortopedia e Traumatologia da EPM/Unifesp

³ Médico; Prof. Dr. adjunto da disciplina Ortopedia Pediátrica do Depto. de Ortopedia e Traumatologia da EPM/Unifesp

⁴ Médica; Profa. Dra. adjunta do Depto. de Patologia da EPM/Unifesp

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

Carlos Alberto dos Santos
Rua Kaneji Kodama 940
Vila Figueira
08676-010 Suzano SP
e-mail:
profisioCarlos@ig.com.br

DESCRIPTORIOS

Terapia por ultra-som.
Placa de crescimento.
Desenvolvimento ósseo/
efeitos de radiação.
Epífises/efeitos de
radiação. Coelho.

KEYWORDS

Ultrasonic therapy. Growth
plate. Bone development/
radiation effects. Rabbits/
growth & development.
Epiphyses/radiation effects.

Artigo extraído da dissertação de mestrado de C.A.Santos, apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da EPM/Unifesp, área de concentração Reabilitação, sob orientação do Prof. Dr. H. S. A. Fialho e co-orientação dos profs. Drs. J.A. Pinto e M. T. S. Alves.

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
fev. 2005

RESUMO: A aplicação de ultra-som terapêutico na área da cartilagem de crescimento epifisário de crianças ainda gera dúvidas quanto a seus efeitos lesivos, o que faz com que muitas crianças deixem de ser tratadas por esse recurso. Este estudo avaliou a influência da aplicação de ultra-som, em suas formas contínua e pulsada, sobre as epífises de tíbias de coelhos em crescimento, visando identificar doses que provocassem alterações macro e/ou microscópicas, prejudicando o crescimento ósseo normal. Foram utilizados 32 coelhos com oito semanas de idade, divididos em três grupos, nos quais se aplicou, na face medial da extremidade superior da tíbia direita, ultra-som pulsado e contínuo em diferentes áreas e intensidades de radiação; as tíbias esquerdas nos três grupos foram utilizadas como controle. Fêmures e tíbias de todos os animais foram radiografados dois dias antes da primeira aplicação e ao completarem 16 semanas, realizando-se análise histomorfométrica da placa de crescimento epifisário para avaliação dos campos microscópicos consecutivos nas regiões lateral e medial. No grupo I, que recebeu ultra-som pulsado, não houve diferenças estatisticamente significantes no lado direito em relação ao esquerdo, em todas as análises feitas. O mesmo não ocorreu com os grupos II e III (tratados com ultra-som contínuo), onde houve alterações, inclusive radiográficas. Conclui-se que, em coelhos, o tratamento no modo pulsado em 20% a 2w/cm² (ISATP) não tem efeito lesivo na epífise de crescimento ósseo.

ABSTRACT: Therapeutic use of ultrasound on children's bones growth plates is still little studied as to its harmful effects, hence many children fail to be treated with it. This study evaluated the influence of applying ultrasonic energy, in its continuous and pulsed forms, onto the growth plate of growing rabbits' tibias, to identify doses that might produce macro and/or microscopic changes, thus harming the normal bone growth. Thirty-two 8-week old rabbits were used, divided into three groups, which received each different radiation areas and intensities of continuous and pulsed ultrasound on the medial face of the right tibia upper end. The three groups' left tibias were used as control. X-rays of right and left tibias and femurs of all animals were taken two days previous to the first ultrasound application and at the age of 16 weeks; growth plates histomorphometric analysis was made in order to assess lateral and medial areas microscopic fields. In the first group, which received pulsed ultrasound, no statistically significant differences were found between values obtained from the right and left sides, in all analyses made. The same did not happen to the other groups (treated with continuous ultrasound), in which changes were found, including X-ray alterations. In rabbits, thus, treatment with pulsed ultrasound in 20% with 2w/cm² (ISATP) does not have harmful effects onto bones growth plate.

INTRODUÇÃO

Por terapia ultra-sonora entende-se o tratamento médico mediante vibrações mecânicas com uma frequência superior a 20.000Hz. Utiliza-se geralmente na fisioterapia frequência de 1MHz para tecidos mais profundos e 3MHz para tecidos superficiais. Essas ondas sonoras podem ser produzidas como contínuas ou pulsadas. A porcentagem de energia no modo pulsátil pode variar de 5% a 50%, porém a utilização mais comum é de 20%. Uma de suas vantagens é suprimir os efeitos térmicos, ou seja, não deixar que ocorra acúmulo de calor.

Embora utilizado na área médica há mais de 70 anos, para muitos dos efeitos, como a redução da dor relatada após tratamento com ultra-som, o mecanismo fisiológico ou físico não foi totalmente identificado, sendo apenas especulado até o momento. Muitos dos efeitos biológicos da terapia ultra-sonora não foram comprovados – nem tampouco suas contra-indicações. Uma dessas contra-indicações controversa e pouco estudada é sua utilização nas epífises de crescimento ósseo, ou seja, no tratamento de áreas contendo cartilagem de crescimento na criança. Muitas crianças deixam de ser tratadas por esse recurso pela dúvida do fisioterapeuta em relação aos efeitos adversos nessa região.

Foi pois objetivo deste trabalho avaliar a influência da aplicação de energia ultra-sonora, utilizada em doses terapêuticas nas suas formas contínua e pulsada, sobre as epífises proximais de tíbias de coelhos em crescimento e identificar as doses a partir das quais, eventualmente, poderia haver alterações macroscópicas e microscópicas, prejudicando assim o crescimento ósseo normal.

Certos autores^{1,2,3} descreveram como contra-indicada a utilização de ultra-som nessas áreas. Hoogland⁴ relatou que a utilização de ondas ultra-sonoras nas placas

epifisárias ocupava antes um dos primeiros lugares nas listas de contra-indicações, mas que com a aplicação de ultra-som pulsátil (intensidade baixa), tais áreas poderiam ser tratadas mesmo em pacientes menores de 18 anos. Mcdiarmid *et al.*⁵ – relataram que áreas epifisárias em crianças deveriam ser exposta a pequena quantidade de energia ultra-sonora e intensidade segura. Starkey⁶ recomenda que ultra-som sobre as placas epifisárias de ossos em crescimento deve ser feito com cuidado.

Deforest *et al.*⁷ aplicaram energia ultra-sonora pelo método subaquático, com frequência de 800.000Hz, na superfície medial da região da epífise tibial superior esquerda em nove cachorros com idade de 4 a 8 meses e 29 coelhos com 3 a 8 semanas de idade, divididos em três grupos, submetidos a várias doses (de 5w por 5 min, 10w por 5 min e 10w por 10 min). Alterações radiológicas e os comprimentos das tíbias e fêmures direitos e esquerdos foram analisados e comparados entre si. Esses autores encontraram que a energia ultra-sonora não causou aceleração no crescimento longitudinal do osso, mas gerou efeitos destrutivos na região da epífise tibial superior e estruturas adjacentes da articulação do joelho, concluindo que a energia ultra-sonora não deve ser aplicada a ossos humanos em crescimento enquanto dosagens seguras não forem estabelecidas por meio de experimentos adicionais.

Vaughen e Bender⁸ estudaram os efeitos de doses clínicas de energia ultra-sonora sobre a epífise de crescimento proximal da tibia esquerda de 20 coelhos com três meses de idade, tratadas pelo método subaquático, com frequência de 1MHz, intensidade de 1w/cm² (12w totais), por 5 minutos diariamente, cinco vezes por semana, até que os raios X evidenciassem fechamento das epífises (6 a 8 meses). Os animais foram sacrificados e o comprimento da tibia e úmero desarticulados foram medidos, sendo a tibia posterior-

mente fracionada e analisada no microscópio. Os resultados não evidenciaram efeitos significativos sobre o comprimento do osso, a integridade epifisária ou o tempo de fechamento da cartilagem epifisária.

Elmer e Fleischer⁹ estudaram a resposta de crescimento *in-vitro* de tíbias removidas de ratos recém-nascidos após exposição ao ultra-som, para determinar se essa energia em ondas contínuas teria efeito bioquímico sobre o tecido em crescimento quando o meio de cultura era mantido dentro de temperaturas fisiológicas. Os ossos foram colocados em meio acústico uniforme e submetidos a energia ultra-sonora contínua com frequência de 1MHz e intensidade de 1,8w/cm² por 3 a 5 minutos imediatamente após o isolamento. O estudo mostrou que, embora houvesse um pequeno aumento no comprimento da tibia tratada quando comparada à controle, a diferença entre ambos não foi significativa. Um insignificante aumento estatístico foi também encontrado para acumulação de proteína e incorporação de prolina radioativa em proteína nas cartilagens epifisárias; porém, após três exposições de ultra-som, a incorporação de timidina radioativa em DNA. foi significativamente estimulada. Segundo esses autores, o fato de o tratamento ultra-sonoro *in-vitro* não produzir alteração anatômica grosseira não apóia o conceito que osso em crescimento é totalmente insensível ao tratamento com ultra-som, e que este pode produzir sutis alterações no processo celular, sem causar anormalidades grosseiras.

Wiltink *et al.*¹⁰ testaram doses de ultra-som *in-vitro* sobre ossificação endocondral no desenvolvimento de metatarsos de embriões de ratos de 16 a 17 dias, tratados por 5 minutos ou 1 minuto com ultra-som de 1MHz, pulsátil, com frequência do pulso de 100Hz e comprimento do pulso de 2ms em intensidades de 0,1w/cm², 0,33w/cm², 0,49w/cm² ou 0,77w/cm² (ISATP, intensidade

média espacial e pico temporal). Ultra-som contínuo foi aplicado em intensidades de $0,1\text{w}/\text{cm}^2$ ou $0,5\text{w}/\text{cm}^2$ (ISATA, intensidade média espacial e média temporal). O método utilizado foi o subaquático com uma solução extracelular sem gás. Em contraste ao tratamento com ultra-som contínuo, o ultra-som pulsátil resultou em um acelerado crescimento dos metatarsos, que foi significativo nos grupos tratados com uma dose de $0,77\text{w}/\text{cm}^2$. Isso ocorreu principalmente devido ao aumento do crescimento da zona de cartilagem proliferativa, pois o comprimento da zona de cartilagem hipertrófica não se alterou, sugerindo que a proliferação das células de cartilagem foram estimuladas sem influenciar sua diferenciação. Segundo esses autores, o tratamento com ultra-som pode influenciar a proliferação da cartilagem durante o desenvolvimento normal dos ossos longos; deve-se pois ter cuidado na sua aplicação em crianças e adultos jovens, embora esse estudo tenha sido feito *in-vitro*.

Pessina e Volpon¹¹ investigaram a ação do ultra-som terapêutico com frequência de 1MHz, pulso de 2:8 e intensidade de $0,5\text{w}/\text{cm}^2$, aplicados em 5 minutos, uma vez ao dia, em dez dias consecutivos na face medial da região proximal da tibia direita de coelhos da raça Nova Zelândia, jovens (aproximadamente com dois meses), fêmeas, distribuídos em dois grupos. No grupo 1 (20 coelhas), os animais foram sacrificados três dias após o término do período de aplicação do ultra-som e a cartilagem de crescimento foi avaliada morfometricamente do ponto de vista histológico e com microscopia de luz ultravioleta para o estudo da neoformação óssea, marcada com tetraciclina. No grupo 2 (10 coelhas), os animais foram mantidos vivos até o final do crescimento, o que aconteceu por volta da 14^a à 16^a semana de vida, e realizada a morfometria macroscópica pelo alinhamento frontal dos joelhos e região proximal da tibia, pelo uso

de radiografias e medidas diretas nas peças. Não foram observadas diferenças entre o lado tratado e o lado controle nem constatado qualquer efeito lesivo do ultra-som, ou seja, não houve indício de que o ultra-som, na dose e técnica empregadas, tenha provocado alguma alteração transitória ou permanente, tanto morfológica como funcional, na cartilagem de crescimento.

Os achados controversos dos trabalhos acima expostos inspiraram o presente estudo, de aplicação de ultra-som nas epífises proximais de tibiás de coelhos em crescimento.

METODOLOGIA

Foram utilizados 32 coelhos da raça Nova Zelândia, com idade de 8 semanas no início do experimento, portanto animais que ainda não haviam completado a maturidade óssea. O experimento foi realizado no Departamento de Cirurgia (Disciplina de Técnica Operatória e Cirurgia Experimental) da EPM/Unifesp e a avaliação histológica foi realizada no Departamento de Patologia da EPM/Unifesp.

Equipamentos

Foi utilizado um aparelho gerador de energia ultra-sonora (marca KLD Biosistemas, Avatar V, mod. 9705) com frequência de $1\text{MHz} \pm 5\%$; um transdutor com cristal PZT (cristal cerâmico sintético de liga entre chumbo, zircônio e titânio), com uma área de radiação efetiva de $3\text{cm}^2 \pm 10\%$ e $5\text{cm}^2 \pm 10\%$, intensidade efetiva máxima de $2\text{W}/\text{cm}^2 \pm 10\%$ no modo contínuo, e $3\text{W}/\text{cm}^2 \pm 10\%$ no modo pulsado; seu coeficiente de não-uniformidade do raio (BNR) é ≤ 6 . A frequência de modulação no modo pulsado foi de $100\text{Hz} \pm 10\%$, com comprimento de onda (*Ton*) de $2,0\text{ms} \pm 10\%$. O aparelho foi calibrado previamente às aplicações em cada grupo e a calibração conferida após o término.

Procedimentos

Todos os animais foram radiografados nas incidências ântero-posterior e perfil (50KV, 100MAS, 032s) em toda a extensão das tibiás e parte distal dos fêmures direito e esquerdo dois dias antes da primeira aplicação de ultra-som. Para eliminar a barreira entre o meio de contato e a pele do animal, o membro a ser tratado foi raspado.

Após a delimitação da área epifisária com uma linha paralela aproximadamente 5mm abaixo da linha articular do joelho, o ultra-som foi aplicado na face medial da extremidade superior da tibia direita de cada coelho, movimentando-se o transdutor eletroacústico (cabecote) de maneira lenta e com movimentos circulares.

Como meio de contato para a transferência da energia ultra-sonora entre o transdutor e a pele do animal foi utilizado gel aquoso. Os animais foram divididos em três grupos. No primeiro grupo, constituído de 10 coelhos, foi aplicado ultra-som pulsado (com frequência de modulação de $100\text{Hz} \pm 10\%$ e comprimento do pulso de 2,0ms) com área de radiação efetiva de $3\text{cm}^2 \pm 10\%$ e intensidade de $2\text{w}/\text{cm}^2$ (ISATP), que equivale a $0,4\text{w}/\text{cm}^2$ (ISATA). No segundo grupo, constituído de 11 coelhos, foi aplicado ultra-som contínuo com área de radiação efetiva de $3\text{cm}^2 \pm 10\%$ e intensidade de $1\text{w}/\text{cm}^2$ (ISATA); e no terceiro grupo, também constituído de 11 coelhos, foi aplicado ultra-som contínuo com área de radiação efetiva de $5\text{cm}^2 \pm 10\%$ e intensidade de $2\text{w}/\text{cm}^2$ (ISATA).

Cada animal foi irradiado, nos grupos I e II por 5 minutos diariamente, e 3 minutos no grupo III, no mesmo horário, por um período de 10 dias consecutivos, o membro contralateral servindo como controle. No grupo III foi utilizado menor tempo, com transdutor de $5\text{cm}^2 \pm 10\%$ de área de radiação efetiva, devido ao calor gerado com uma intensidade muito alta. Quando realizado um teste com o transdutor de $3\text{cm}^2 \pm 10\%$,

por 5 minutos, em uma intensidade de 2,0w/cm², este foi danificado. Além disso, os animais desse grupo foram anestesiados antes da aplicação com uma combinação de Cloridrato de Ketamina 50 mg e Xilazina 0,2g, recebendo 0,5ml/kg intramuscular em razão do risco de essa dose levar à dor.

Os animais foram sacrificados ao completarem 16 semanas de vida com dose letal de Tiopental Sódico 0,5g endovenosamente, sendo em seguida realizados os exames radiográficos com a mesma técnica anterior à aplicação de ultra-som, para se verificar, por um médico ortopedista, se haveria alterações nessa região.

Posteriormente os joelhos foram desarticulados e, por meio de um paquímetro, foi verificado o comprimento tibial entre o ponto mais alto do platô tibial medial e o maléolo medial, bem como a largura do platô tibial em seu plano frontal. Após serem medidas, as tíbias foram deixadas na solução de formoldeído a 10% e posteriormente em ácido nítrico a 10% para descalcificação. Foram realizados cortes coronais da epífise proximal da tíbia, incluídos e blocados em parafina.

Do material blocado obtiveram-se cortes com espessura máxima de 4 micrômetros corados pela técnica tradicional de Hematoxilina Eosina para mensuração histológica da placa de crescimento epifisário. Esta foi feita através do sistema de Análise Digital de Imagem, que consiste de um microcomputador 486 (DX4 de 100 MHz) com placa digitalizadora de imagem contendo o *software* KS 300 (de Kontron Elektronik GmbH versão 1.2, 1994), em plataforma Windows, conectado a uma câmara (JVC modelo NO.TK-1180U) acoplada a um microscópio (marca Carl Zeiss modelo Axiolab), com objetivas plan-acromáticas. Foram avaliados campos microscópicos consecutivos com a objetiva de 2,5x, nas regiões lateral e medial da placa de crescimento epifisário, perfazendo um total de quatro medidas, duas para cada

região, iniciando-se sempre nos extremos do lado medial e lateral.

A cartilagem de crescimento nesses campos foi delimitada com auxílio do *mouse*, sendo mensurados os seguintes valores expressos em micrômetro: comprimento máximo, mínimo, área e perímetro.

Avaliação estatística

Foi realizado o teste de Wilcoxon¹², para comparação de duas amostras dependentes, ou seja, duas subamostras do mesmo grupo (DxE) ao longo do tempo, visando aferir se as subamostras apresentavam distribuição semelhante, tomando a mediana como referência.

Foram calculados os valores obtidos das mensurações com paquímetro, tanto do comprimento da tíbia, quanto a largura do platô tibial e histológicas da média da soma das duas medidas mediais e laterais e média da soma das quatro medidas.

Para todos os testes estatísticos o nível de significância adotado foi de $\alpha < 0,05$ ou 5%. Consideraram-se, ainda, níveis de significância limítrofes para valores compreendidos entre 0,05 (5%) e 0,10 (10%) de probabilidade.

RESULTADOS

Estudos radiográficos

Os estudos radiográficos para o grupo I, onde foi utilizado ultra-som pulsado com intensidade de 2w/cm² ISATP, que equivale a 0,4w/cm² ISATA, não demonstraram alterações na tíbia irradiada, tampouco no fêmur, em relação ao lado contralateral.

No grupo II, onde foi utilizado ultra-som contínuo com intensidade de 1w/cm² (ISATA), os estudos radiográficos mostraram alterações tanto nas tíbias quanto nos fêmures do lado irradiado. As alterações encontradas nas tíbias foram fechamento prematuro da placa epifisária na região anterior e irregularidade no contorno da

epífise. As encontradas nos fêmures foram: aumento da esclerose subcondral; áreas de rarefação óssea no côndilo femoral medial; irregularidade no contorno da epífise; início de fechamento da placa epifisária lateral; fechamento prematuro da placa epifisária medial; traço de fratura no côndilo medial; traço de fratura com deslocamento na região supracondiliana medial; e deslocamento epifisário posterior.

No grupo III, onde foi utilizado ultra-som contínuo com intensidade de 2w/cm² (ISATA), os estudos radiográficos também mostraram alterações tanto nas tíbias quanto nos fêmures do lado irradiado. Nas tíbias foram: fechamento prematuro da placa epifisária na região anterior; escorregamento da epífise lateralmente com deformidade angular da fíbula; fechamento de toda a placa de crescimento; irregularidade no contorno da epífise; área de rarefação na região medial; aumento do crescimento na região lateral com desvio angular da fíbula; aumento de esclerose subcondral; diminuição da largura da epífise na região medial; e rarefação óssea na região metafisária medial. Nos fêmures foram: área de rarefação óssea no côndilo medial; aumento de esclerose subcondral; fratura supracondiliana medial; fratura com deslocamento epifisário; deformidade do côndilo medial com diminuição de sua largura; deslocamento na região da placa epifisária medial; abertura na região da placa epifisária medial; fratura com avulsão de fragmento pósterio-inferior; e fragmentação óssea na região do côndilo medial.

Medidas obtidas com paquímetro

As medidas obtidas com paquímetro no grupo I não apresentaram diferenças estatisticamente significantes, porém nos grupos II e III apresentaram significância na largura e significância limítrofe no comprimento (Tabela 1).

Tabela 1 Valores das medidas com paquímetro em centímetro de comprimento e largura e valores de *p*, das tíbias direitas e esquerdas de coelhos dos grupos I, II e III

	Grupo I				Grupo II				Grupo III			
	Comprimento		Largura		Comprimento		Largura		Comprimento		Largura	
	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
Média	10,82	10,84	1,71	1,71	10,56	10,68	1,72	1,67	10,74	10,91	1,83	1,66
Mediana	10,95	10,9	1,75	1,75	10,5	10,8	1,7	1,65	10,82	10,82	1,77	1,72
Desvio padrão	0,50	0,45	0,11	0,11	0,46	0,41	0,04	0,07	0,43	0,38	0,17	0,18
p	0,62		1		0,06		0,01		0,07		0,006	

Tabela 2 Valores das medidas histológicas da média da soma do comprimento máximo do lado medial e lateral em milímetros e valores de *p*, das tíbias direitas e esquerdas de coelhos dos grupos I, II e III

	Grupo I				Grupo II				Grupo III			
	Compr.máx.med		Compr.máx.lat.		Compr.máx.med		Compr.máx.lat.		Compr.máx.med		Compr.máx.lat.	
	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
Média	3,02	3,05	2,99	2,95	3,05	3,03	2,94	3,03	2,94	3,03	2,91	3
Mediana	3,02	3,06	2,97	2,94	3,09	3	2,91	3,01	3	3,04	2,97	2,99
Desvio padrão	0,9	0,7	0,7	0,46	0,11	0,13	0,11	0,07	0,53	0,08	0,26	0,04
p	0,33		0,24		0,31		0,038		0,89		0,24	

Compr.máx.med.=comprimento máximo medial; Compr.máx.lat.=comprimento máximo lateral

Tabela 3 Valores das medidas histológicas da média da soma do comprimento mínimo do lado medial e lateral em milímetros e valores de *p*, das tíbias direitas e esquerdas de coelhos dos grupos I, II e III

	Grupo I				Grupo II				Grupo III			
	Compr.mín.med		Compr.mín.lat.		Compr.mín.med		Compr.mín.lat.		Compr.mín.med		Compr.mín.lat.	
	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
Média	0,74	0,72	0,66	0,68	0,73	0,74	0,66	0,68	1,24	0,68	0,63	0,61
Mediana	0,72	0,73	0,65	0,67	0,72	0,73	0,64	0,66	1,16	0,68	0,55	0,6
Desvio padrão	0,09	0,07	0,08	0,01	0,13	0,14	0,01	0,07	0,6	0,05	0,27	0,05
p	0,51		0,39		0,59		0,14		0,068		0,14	

Compr.mín.med.= comprimento mínimo medial; Compr.mín.lat.= comprimento mínimo lateral

Tabela 4 Valores das medidas histológicas da média da soma da área do lado medial e lateral em milímetros e valores de *p*, das tíbias direitas e esquerdas de coelhos do grupo I, II e III

	Grupo I				Grupo II				Grupo III			
	Área medial		Área lateral		Área medial		Área lateral		Área medial		Área lateral	
	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
Média	1107	1100	935	957	1145	1145	974	1066	1830	973	770	813
Mediana	1068	1049	936	934	1153	1126	958	1008	1271	983	719	795
Desvio padrão	156	130	96	151	178	210	182	157	1383	147	340	110
p	0,57		0,65		0,51		0,14		0,16		0,074	

Tabela 5 Valores das medidas histológicas da média da soma das quatro medidas em milímetros e valores de *p*, das tíbias direitas e esquerdas de coelhos do grupo III

	Área		Compr. máximo		Grupo III Compr. mínimo		Perímetro	
	D	E	D	E	D	E	D	E
Média	1332	901	2,97	3,02	0,96	0,64	8,08	7,63
Mediana	978	912	2,98	3,02	0,87	0,63	7,72	7,63
Desvio padrão	827	120	0,27	0,05	0,41	0,05	1,27	0,22
p	0,263		0,779		0,093		0,401	

Medidas histológicas

As medidas histológicas da média do lado medial, lateral e da soma das quatro medidas não apresentaram diferenças estatisticamente significantes no grupo I, porém no grupo II apresentaram significância na média da soma do comprimento máximo lateral (Tabela 2); e, no grupo III, significância limítrofe na média da soma do comprimento mínimo do lado medial (Tabela 3), na média da soma da área do lado lateral (Tabela 4) e no comprimento mínimo da média da soma das quatro medidas (Tabela 5).

Além dos resultados radiográficos, histológicos e por paquímetro, foram observadas, em todos os coelhos do grupo III, queimaduras na pele no local de aplicação do ultra-som, causadas pelo efeito térmico do ultra-som contínuo.

DISCUSSÃO

O ultra-som terapêutico foi utilizado na face medial da tíbia de coelhos, por ser esta uma região de melhor acoplamento do transdutor eletroacústico do aparelho. Embora o alvo a ser atingido tenha sido a placa epifisária da tíbia, devido ao tamanho dos dois transdutores, com área de radiação efetiva de 3 e 5 cm² e aplicados realizando movimentos circulares, atingiu-se também a epífise distal do fêmur, o que explica as alterações encontradas também nesse osso.

Os animais foram sacrificados ao completarem 16 semanas de vida pois, segundo os estudos de Masoud et al.¹³, nessa idade o crescimento da tíbia já teria alcançado 94% do tamanho adulto. No presente estudo, como o osso praticamente alcançava a fase de fechamento da placa de crescimento da extremidade proximal, seria possível observar se ocorreriam alterações do crescimento ósseo a longo prazo.

Como medidas quantitativas, foram utilizadas mensurações com paquímetro e histológicas, sendo

as avaliações radiográficas qualitativas – no caso, realizadas por um médico ortopedista. Foi dada maior ênfase às medidas histológicas, por serem estas mais precisas para o tipo de avaliação pretendido. Para avaliação estatística foi utilizado o teste de Wilcoxon por este permitir observar, além do sinal da diferença entre pares, a diferença em ordem de grandeza absoluta¹².

Diferentemente dos resultados obtidos em outros trabalhos, como os de Vaughen e Bender⁸ e Elmer e Fleischer⁹, foi possível constatar que o ultra-som terapêutico, utilizado de maneira contínua em 1 e 2w/cm², apresentou alterações no crescimento ósseo normal da tíbia de coelhos que ainda não haviam completado sua maturidade óssea; deve ser ressaltado, porém, que aqueles estudos foram realizados de maneiras diferentes (o primeiro *in-situ* e o segundo *in-vitro*), tendo as ondas ultra-sonoras sido propagadas por meio líquido. Isso poderia explicar a diferença entre aqueles e os achados do presente estudo, em que foi utilizado gel aquoso para a transmissão das ondas ultra-sonoras. Embora Casarotto¹⁴ tenha demonstrado serem o gel e a água desgaseificada os produtos que apresentam as características acústicas mais adequadas à transmissão das ondas ultra-sonoras, Draper et al.¹⁵ compararam o efeito da imersão em água de torneira e o gel como meios de condução das ondas ultra-sonoras sobre o aumento de temperatura dos tecidos de pernas humanas a 3 cm de profundidade, e concluíram que o gel aumentou a temperatura em 4,8°C, enquanto a água em apenas 2,1°C. Segundo esses autores, esse menor efeito da técnica subaquática em aumentar a temperatura poderia dever-se à absorção do som pela água, pois o transdutor foi aplicado a uma distância de 1 cm da área, ou devido à interposição imprevista de bolhas de ar entre a pele e o transdutor eletroacústico (cabecote). Deforest et al.⁷ também observaram alterações radiológicas na tí-

bia e no fêmur de coelhos e cachorros com aplicação de ondas ultra-sonoras propagadas através de meio líquido, porém em seu experimento a menor intensidade utilizada foi maior que a intensidade mais alta utilizada no experimento aqui relatado.

Os resultados aqui obtidos com o ultra-som pulsado a 20%, com intensidade de 2w/cm² (ISATP, ou seja, 0,4w/cm² ISATA), demonstraram não haver alterações significantes na placa de crescimento da tíbia, em sintonia com o trabalho de Pessina e Volpon¹¹, que utilizaram uma intensidade pouco maior (0,5w/cm²). No trabalho de Wiltink et al.¹⁰, a intensidade no modo pulsado de 0,77W/cm² levou a alterações na ossificação endocondral no desenvolvimento de metatarsos de embriões de ratos, porém esse experimento foi realizado *in-vitro*.

CONCLUSÃO

Em vista dos resultados aqui obtidos, parece possível afirmar que o ultra-som pulsado a 20%, utilizado em doses terapêuticas até 2w/cm², poderá ser utilizado próximo às epífises de crescimento ósseo em crianças – não ocorrendo o mesmo com o ultra-som contínuo com intensidade entre 1 e 2w/cm². O que confere maior segurança para a utilização do primeiro é que a região da tíbia dos coelhos tratada com ultra-som apresentava pequena camada de tecido até o osso, sendo esta até maior na maioria das regiões epifisárias de crianças. E quanto maior a camada de tecidos adjacentes, maior a atenuação do ultra-som até que este atinja o osso.

As alterações encontradas nos grupos tratados com ultra-som contínuo mostraram-se estar relacionadas às doses utilizadas, ou seja, quanto maior a dose, maiores as alterações encontradas. As queimaduras que ocorreram na área de aplicação do ultra-som dos coelhos do grupo III foram devidas à utilização da alta intensidade, sobre uma área com pouca densi-

dade de tecidos moles até o osso, em um animal anestesiado. Estas dificilmente ocorreriam em humanos pois, antes que ocorresse, haveria dor intensa captada pelos receptores de dor do perióstio, devido à grande absorção das ondas ultra-sonoras nessa região.

Por meio de avaliação radiográ-

fica, medidas histológicas e obtidas com paquímetro das tíbias tratadas com ultra-som em doses terapêuticas, conclui-se que o ultra-som terapêutico não levou a alterações na epífise de crescimento ósseo de coelhos no modo pulsado em 20% a 2w/cm² (ISATP), porém, nas doses de 1 e 2w/cm²

(ISATA) contínuo, tais alterações ocorreram, prejudicando o crescimento ósseo normal.

Acreditamos que estudos adicionais devam ser realizados para observar os efeitos do ultra-som contínuo na epífise de crescimento ósseo de coelhos, em doses menores que 1w/cm².

REFERÊNCIAS

- 1 Kahn J. Principles and practice of electrotherapy. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone; 1994. Chap.4: Ultrasound, p.53-73.
- 2 Yong S. Terapia por ultra-som. In: Kitichens S, Bazin S, editores. Eletroterapia de Clayton. São Paulo: Manole; 1998. p.235-58.
- 3 Low J, Reed A. Eletroterapia explicada: princípios e prática. São Paulo: Manole; 2001. Cap. Ultra-som terapêutico, p.187-228.
- 4 Hoogland R. Terapia ultra-sônica. Amsterdã: Enraf Nonius Delft; 1986.
- 5 McDiarmid T, Ziskin MC, Michlovitz SL. Therapeutic ultrasound. In: Michlovitz SL, editors. Thermal agents in rehabilitation. 3rd ed. Philadelphia: FA Davis; 1996. p.168-212.
- 6 Starkey C. Recursos terapêuticos em fisioterapia. São Paulo: Manole; 2001. Cap.6: Ultra-som, p.277-313.
- 7 Deforest RE, Herrick JF, Krusen FH. Effects of ultrasound on growing bone; an experimental study. Arch Phys Med Rehabil. 1953;34:21-31.
- 8 Vaughn JL, Bender LF. Effects of ultrasound on growing bone. Arch Phys Med Rehabil. 1959;40:158-60.
- 9 Elmer WA, Fleischer AC. Enhancement of DNA synthesis in neonatal mouse tibial epiphyses after exposure to therapeutic ultrasound. J Clin Ultrasound. 1974;2(3):191-5.
- 10 Wiltink A, Nijweide PJ, Oosterbaan WA, Hekkenberg RT, Helders PJM. Effect of therapeutic ultrasound on endochondral ossification. Ultrasound Med Biol. 1995;21(1):121-7.
- 11 Pessina AL, Volpon JB. Aplicação de ultra-som terapêutico na cartilagem de crescimento do coelho. Rev Bras Ortop. 1999;34(5):347-54.
- 12 Siegel S. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. 2nd ed. New York: Mcgraw-Hill; 2001.
- 13 Masoud I, Shapiro F, Kent R, Moses A. A longitudinal study of the growth of the New Zealand white rabbit: cumulative and biweekly incremental growth rates for body length, body weight, femoral length, and tibial length. J Orthop Res. 1986;4(2):221-31.
- 14 Casarotto RA. Agentes acoplantes em fisioterapia: perdas acústicas e térmicas [tese]. São Paulo: Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo; 1999.
- 15 Draper DO, Sunderland MS, Kirkendall DT, Richard M. A comparison of temperature rise in human calf muscles following applications of underwater and topical gel ultrasound. J Orthop Sports Phys Ther. 1993;17(5):247-51.

Aplicação de técnica de energia muscular em coletores de lixo com lombalgia mecânica aguda

Application of muscle energy technique in garbage collectors with acute mechanical lumbar pain

Daniel Salvador¹, Pedro El Daher Neto¹, Fernando Pierette Ferrari²

¹ Fisioterapeutas pela UCDB (Universidade Católica Dom Bosco, MS)

² Fisioterapeuta pela UNESP (Universidade Estadual Paulista); Mestre em Educação pela UCDB; Prof. do Estágio Supervisionado em Reabilitação Musculoesquelética da UCDB

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

Daniel Salvador
Rua Antônio Abdo, 519
Bairro Taveirópolis
79090-070 Campo Grande MS
e-mail:
danisalv@brturbo.com;
fernandoferrari@terra.com.br

DESCRIPTORIOS

Dor lombar/terapia.
Espasmo/prevenção & controle. Trabalhadores. Saúde ocupacional.

KEYWORDS

Low-back pain/therapy.
Spasm/prevention & control. Workers.
Occupational health.

Trabalho apresentado à VII Jornada de Produção Científica das Universidades Católicas do Centro-Oeste, Campo Grande MS, 12-14 nov. 2003

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
nov. 2004

RESUMO: Devido ao esforço excessivo da coluna lombar, é alta a incidência de lombalgia entre lixeiros. Este estudo visou avaliar a eficácia da técnica de energia muscular com relaxamento pós-isométrico (TEM/RPI) para reduzir a dor de lombalgias agudas mecânicas em coletores de lixo e verificar a repercussão da técnica sobre a amplitude de movimento. Do quadro de trabalhadores de uma empresa de coleta de lixo, foram selecionados todos os portadores de lombalgia aguda. Dos 30 indivíduos localizados e submetidos a testes de comprimento muscular dos paravertebrais, isquiotibiais, piriforme e quadrado lombar, 28 se enquadraram nos critérios de inclusão e foram alocados em dois grupos: o Grupo 1, experimental, foi tratado pela técnica; o Grupo 2, controle, recebeu eletroestimulação transcutânea. Utilizou-se a escala analógica-visual da dor para mensurar a intensidade dolorosa antes e após a aplicação da técnica, quando também se refizeram os testes de comprimento muscular. Os dados, analisados por estatística descritiva, mostram que houve significativa redução da dor após a aplicação da técnica no Grupo 1, que teve ganho significativo de amplitude de movimento nos músculos isquiotibiais direito e esquerdo e quadrado lombar direito; não foi encontrada, porém, correlação entre diminuição da dor e ganho de amplitude. Conclui-se que a TEM/RPI é eficaz na redução da dor de lombalgia aguda mecânica dos coletores de lixo, sobretudo nos casos de dor e espasmo severos.

ABSTRACT: Due to excessive effort at the lower back, there is a high incidence of low-back pain among garbage collectors. This study assessed the efficacy of a technique of muscle energy with post-contraction relaxation to reduce pain among garbage collectors with acute mechanical low-back pain, also assessing the impact of the technique onto muscle movement width. Subjects with acute low-back pain were selected among workers at a garbage collection company. Thirty subjects were found and submitted to muscle length tests for erector spinae longuissimus, biceps femoris, semimembranosus, semitendinosus, piriformis and quadratus lumborum; among them, 28 complied to inclusion criteria and were divided into two groups; the test group was treated by the muscle energy technique and the control group was treated with TENS. The pain analogical visual scale was used to assess pain intensity before and after the application of the technique. Muscle length tests were again made after therapy. Data analysed by descriptive statistics show significant pain reduction in test group subjects, who also showed significant movement width increase in the muscle groups semitendinosus right and left and right quadratus lumborum. There was no correlation between pain reduction and increase in movement width. Thus the muscle energy technique with post-contraction relaxation proved efficient to reduce mechanical acute low-back pain of garbage collectors, mainly in the cases with severe pain and spasms.

INTRODUÇÃO

As dores de coluna são tão antigas quanto a própria humanidade e confundem-se com nossa condição de seres humanos¹. Segundo o 1º Consenso Brasileiro sobre lombalgias e lombociatalgias, cerca de 80% da população mundial, em alguma fase da vida, será acometida por dor lombar².

A população economicamente ativa é a faixa de maior incidência da lombalgia, que se tornou a primeira causa de afastamento do trabalho entre os segurados do Instituto Nacional de Seguridade Social³ e custa ao mundo bilhões de dólares anuais em dias perdidos de trabalho, seguros e tratamentos^{2,4,5}. Essa realidade evidencia a necessidade de estudos e investimento em informação, prevenção e formas de tratamento adequadas e efetivas⁶.

As manifestações de dor lombar podem decorrer de diversos fatores precipitadores. Um deles é o esforço laboral. Para cada categoria profissional existe uma característica particular de exigência motora e a dor está associada à função exercida⁷. Segundo o Conselho Nacional de Segurança dos EUA, os coletores de lixo constituem um dos grupos de maior incidência de lombalgia, sendo a dor resultante do esforço excessivo na manipulação de volumes de lixo e de movimentos abruptos de flexão, extensão e rotação da coluna lombar⁸.

Apesar da crescente preocupação com as patologias ocupacionais, são numerosos os riscos laborais a que os coletores de lixo estão expostos⁹. Além de algumas vezes desvalorizado pela própria população a quem serve, encontra-se submetido a múltiplos riscos laborais que, somados ao precário acesso à assistência médica, ao lazer e a alimentação, acabam por torná-lo um doente¹⁰.

As lombalgias mecânicas, objeto deste estudo, são as mais incidentes dentre todos os tipos e podem decorrer de alterações

estruturais, biomecânicas, vasculares ou da interação desses fatores, que atuam alterando a configuração espacial da coluna lombar². As demandas laborais contribuem para o desencadeamento das lombalgias mecânicas^{6,11,12}.

A técnica de energia muscular desenvolvida por Fred Mitchell, utilizada neste estudo, é um método de terapia manual que utiliza a contração muscular voluntária para restituir a mobilidade articular, alongando músculos encurtados, contraturados ou hipertônicos e reduzindo quadros algícos decorrentes de espasmo muscular. Classifica-se entre as técnicas estruturais ativas, em que o indivíduo participa aplicando sua força muscular e dosificando a técnica¹³.

A técnica de energia muscular com relaxamento pós-isométrico (TEM/RPI) é um método manipulativo no qual o indivíduo utiliza ativamente seus músculos a partir de uma posição controlada em uma direção específica contra uma força contrária. Pode ser aplicada para alongar músculos encurtados, fortalecer músculos enfraquecidos e mobilizar articulações com mobilidade restrita². É indicada a pacientes com sintomatologia dolorosa do sistema locomotor, que apresentem atividade articular normal, porém musculatura encurtada ou com espasmo¹³.

A TEM/RPI baseia-se no fato de que, após uma contração pré-alongamento de um músculo retraído, esse músculo irá relaxar como resultado da inibição autogênica e será alongado mais facilmente. A contração antes do alongamento também leva a um relaxamento reflexo, acompanhado por uma diminuição na atividade eletromiográfica no músculo retraído¹⁴.

Há poucos estudos publicados verificando a eficácia da TEM/RPI no tratamento da dor lombar. Autores como Brodin¹³, Campos e Loza¹⁴ e Chaitow² preconizam a utilização da técnica para a redução da dor lombar de origem

mecânica, mas novos estudos são necessários para que a eficácia da técnica seja comprovada.

Brodin¹³ realizou um estudo em 1987 no Hospital Karolinska (em Estocolmo, Suécia) aplicando a TEM/RPI em 41 pacientes com dor lombar. Foram excluídos os indivíduos com lesão discal, espondilites ou sacroileítes. A amostra compunha-se de 24 mulheres e 17 homens divididos em dois grupos. Um grupo recebeu tratamento com a TEM/RPI três vezes por semana durante três semanas. O segundo grupo não recebeu tratamento. O autor concluiu que o grupo que recebeu a técnica apresentou melhora significativa em relação ao grupo controle, sugerindo que a TEM/RPI pode ser usada com eficácia para o tratamento da dor lombar¹³.

Neste estudo propôs-se o tratamento da lombalgia aguda mecânica por meio da TEM/RPI, objetivando identificar a prevalência dessas lombalgias entre coletores de lixo e medir a eficácia da TEM/RPI, utilizando como parâmetros de melhora a diminuição da sintomatologia dolorosa e o aumento da amplitude de movimento sem dor.

METODOLOGIA

O projeto de pesquisa foi encaminhado ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e obteve parecer favorável para execução do estudo.

Dos 116 coletores (todos homens) de uma empresa de Campo Grande (MS), foram selecionados os portadores de lombalgia aguda, considerando os seguintes critérios de inclusão: queixa de dor lombar aguda (dor constante presente há no máximo três semanas); encurtamento em pelo menos um dos grupos musculares avaliados; ausência de tratamento medicamentoso ou fisioterápico para dor lombar nas últimas duas semanas.