

# DOSIMETRIA PROPOSTA PARA O TRATAMENTO POR ULTRA-SOM – UMA REVISÃO DE LITERATURA.

*Dosimetry propost for the treated for ultrasound –  
A literature of the review.*

BLUME; K.<sup>1</sup>  
MATSUO; E.<sup>2</sup>  
LOPES, M. S; LOPES, L. G.<sup>3</sup>

## **Resumo**

Um dos equipamentos termoterapêuticos utilizados para a produção do calor é o que utiliza princípios de ultra-som (US) produzindo calor profundo pela propagação das suas ondas mecânicas, que são essencialmente as mesmas das ondas sonoras, mas com uma frequência mais alta. O US é produzido por uma corrente alternada que flui por um cristal piezoelétrico, alojado em um transdutor. Os efeitos do US dependem de muitos fatores físicos e biológicos, tais como a intensidade, o tempo de exposição, a estrutura espacial e temporal do campo ultra-sônico e o estado fisiológico do local a ser tratado. Este grande número de variáveis complica a compreensão exata do seu mecanismo de ação na interação com os tecidos biológicos. Os efeitos do US vem sendo investigados e descritos de maneira empírica através dos tempos e as opiniões sobre as dosagens utilizadas para o tratamento diferem significativamente, existindo poucas evidências dos seus efeitos clínicos. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo apontar, mediante uma revisão bibliográfica, se existem parâmetros físicos e biológicos para determinação das doses de US, quando utilizado para fins terapêuticos.

**Palavras-chave:** Ultra-som; Dosimetria; Efeito piezoelétrico; Termoterapia.

## **Abstract**

One of the therma-therapeutic equipments used for heat production it's the one that uses the ultrasound principles, producing a great heat trough the spreading of it's mechanic waves which are essentially the same waves as the soundy ones, but with a higher frequency. The ultrasound is produced by an alternated current which flows trough a piezoeletric cristal kept in a transducer. The effects of the ultrasound depend on many physical and biologic, factors, such as intensity, period expored, time and spacial structure of the ultrasound area, and the physiologic being of the local to be treated number of varieties complicates the comprehension of it's action mechanism in the wholeness with the biological tissues. The ultrasound effects are being investigated and described in an empiric way thoroughout time and the opinions about the dosages used for the treatment differ meaningfully, and that there are little evidences of it's clinical effects.

**Keywords:** Ultrasound; Dosimetry; Piezoeletric effect; Thermoteray.

---

<sup>1</sup> Fisioterapeuta.

<sup>2</sup> Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade Paranaense – Fisioterapeuta – UNIPAR

<sup>3</sup> Mestre, Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade Paranaense – UNIPAR

## **Introdução**

Na prática clínica, em Fisioterapia, vários são os recursos eletroterapêuticos e termoterapêuticos utilizados na reabilitação das diversas desordens do sistema musculoesquelético, porém faltam estudos dos reais efeitos biológicos que estes recursos podem causar no organismo tratado.

Um dos equipamentos termoterapêuticos utilizados para a produção do calor é o que utiliza princípios de ultra-som (US) produzindo calor profundo pela propagação das suas ondas mecânicas.

Foi no final da década de 40 e início da década de 50 que se conseguiu com sucesso a primeira aplicação do ultra-som em medicina, sendo que a partir daí sua evolução ocorreu rapidamente. Desde então, seus efeitos vêm sendo investigados e descritos de maneira empírica através dos tempos e da prática clínica de cada terapeuta (1, 2, 3).

O US terapêutico tem várias indicações, tanto nos processos agudos como nos crônicos, para diminuir os sintomas e as manifestações inflamatórias de diversas patologias ortopédicas e reumatológicas, porém sua eficácia é ainda muito estudada (4). Existem poucos trabalhos científicos que suportam ou demonstram a eficácia do US utilizado em baixas intensidades e a sua atuação nas manifestações inflamatórias (5).

Segundo Pereira et al., (6) o US é muito utilizado na prática clínica com resultados positivos, desta forma, é de grande importância um número maior de pesquisas, para que se estabeleçam parâmetros físicos e dosimetrias adequadas para a utilização do US nas diversas patologias.

Este trabalho tem como objetivo apontar, mediante uma revisão bibliográfica, as dosimetrias para utilização do US, propostas por diversos autores nas últimas duas décadas, a fim de verificar a existência de parâmetros físicos e biológicos para a determinação delas.

## **Método**

Para isso realizou-se um amplo levantamento de dados, tanto na língua portuguesa como inglesa, de artigos de periódicos indexados, que descrevessem tratamentos com utilização do US e as respectivas dosagens utilizadas, informações contidas em bases de dados *on-line* utilizando-se como

palavras-chave ultra-som, dosimetria, efeito piezoelétrico, termoterapia, eletroterapia, bem como livros didáticos que revelassem sobre o assunto.

## **Resultados**

### **O Ultra-Som**

Ultra-som refere-se às vibrações mecânicas que são essencialmente as mesmas das ondas sonoras, mas com uma frequência mais alta, fora do alcance da audição humana (4).

Os efeitos do US dependem de muitos fatores físicos e biológicos, tais como a intensidade, o tempo de exposição, a estrutura espacial e temporal do campo ultra-sônico e o estado fisiológico do local a ser tratado. Este grande número de variáveis complica a compreensão exata do mecanismo de ação do US na interação com os tecidos biológicos (7).

Segundo Kitchen e Bazin (8), Myers (9), Behrens e Michlovitz (10), Low e Reed (4), Starkey (11) e Agne e outros (12) os efeitos do US são divididos em térmicos e não térmicos. Os Efeitos térmicos são produzidos por ondas de US contínuas, ou pulsadas com alta intensidade, e levam a uma alteração térmica dentro dos tecidos, como um resultado direto da elevação da temperatura tecidual. Os efeitos não térmicos causam alterações dentro dos tecidos, resultantes do efeito mecânico da energia de US.

O US pode elevar a temperatura tecidual a 5 cm ou mais de profundidade. A resposta fisiológica atribuída a este efeito inclui o aumento da extensibilidade do colágeno, alterações no fluxo sanguíneo, mudanças na velocidade de condução nervosa, aumento da atividade enzimática e mudanças na atividade contrátil dos músculos esqueléticos (2).

A vasodilatação, em resposta ao aumento do fluxo sanguíneo causado pelo uso do US, pode ser considerada, em parte, como um fenômeno protetor, destinado a manter a temperatura corporal dentro dos limites da normalidade, 36 a 37°C (2).

### **Dosimetrias para utilização do US**

Para Longo e Fuirini Jr. (2); Guirro e Guirro (13) define-se dose do US como o produto da in-

tensidade do estímulo (expressa em  $W/cm^2$ ) pela duração do tratamento.

O aumento da temperatura causado nos tecidos depende da intensidade de saída do US e da duração do tratamento (11), sendo que o tempo de aplicação pode ser calculado dividindo-se a área a ser tratada pela Área de Radiação Efetiva (ERA) do cabeçote transdutor do US (14).

As opiniões expostas na literatura sobre a duração do tratamento também são variáveis. A duração do tratamento depende da dimensão da área a ser tratada. De acordo com Lehmann, fixa-se uma duração máxima de 15 minutos. Isto se refere a uma área tratada de 75 a  $100cm^2$ , que é considerada a superfície máxima que se pode tratar razoavelmente. Naturalmente, a ERA do cabeçote tem muita importância neste aspecto. As áreas não superiores às do tamanho do cabeçote devem ser tratadas por poucos minutos (3 a 5 minutos). Áreas maiores requerem uma duração mais prolongada do tratamento (2).

Para Chantraine et al., (15) as aplicações de US duram de 4 a 10 minutos de acordo com a fase da patologia. Já para Webster (16) a duração do tratamento usualmente é de 5 a 10 minutos para US contínuo e até 15 minutos para o modo pulsado.

Segundo Kahn (17), a duração de tratamento nas dosagens recomendadas varia de 1 a 8 minutos, dependendo da condição a ser tratada, do local anatômico e se a técnica a ser usada é superficial ou subaquática. Acredita-se que 2 a 3 minutos de tratamento de US é um tempo adequado para a maioria dos casos, quando o US é ministrado diretamente na superfície, e que 5 a 8 minutos é adequado quando no modo indireto, subaquático.

A intensidade de US pode variar entre 0,1 e  $3,0W/cm^2$  mais recentemente, alguns equipamentos foram reprojatados para apresentar limites de intensidades mais compatíveis com a prática clínica, as quais variam de 0,01 a  $2,0W/cm^2$ . Estes equipamentos estão mais próximos da prática terapêutica, uma vez que, raramente, utilizam-se doses superiores a  $2W/cm^2$  (13).

As opiniões sobre as intensidades a serem aplicadas diferem muito. Lehmann defende a utilização de uma potência alta, entretanto Edel e Lange afirmam que uma baixa potência proporciona melhores resultados. Conradi considera que uma intensidade de  $0,6W/cm^2$  é alta para o US em modo contínuo sob certas circunstâncias (2).

A quantidade consecutiva de sessões de tratamento não é um fato a ser ignorado. O início da terapia de US para traumatismo agudo deve ocorrer somente após 24 a 36 horas. O caráter agudo da condição determina a dosagem e esta determina a frequência do tratamento. Casos mais agudos deverão ser tratados diariamente. Os processos mais crônicos, em geral menos severos, deverão ser tratados 2 ou 3 vezes por semana (2).

Andrews et al., (18) relataram que, com uma intensidade de  $1,5W/cm^2$ , são necessários 3 a 4 minutos para alcançar um nível terapêutico de aquecimento com o US de 3MHz, e 10 minutos para aquecer o tecido com o US de 1MHz.

Para Kahn (17) a dosagem recomendada para a maioria dos procedimentos clínicos é de 0,5 a  $1,0W/cm^2$ . Altas dosagens, 1,5 a  $2W/cm^2$ , não têm se mostrado eficiente; inclusive podem ser menos efetivas do que as baixas dosagens.

De acordo com Chantraine et al., (15) a intensidade adequada é de 0,5 a  $3W/cm^2$ . Qualquer que seja a patologia e/ou tratamento, o modo contínuo requer inicialmente intensidades mais baixas variando de 0,5 a  $1W/cm^2$ , sendo que o aumento será progressivo conforme a tolerância do paciente. As intensidades muito altas, em modo contínuo, poderiam causar dor devido ao aumento muito intenso da temperatura local. Já no modo pulsado, pode-se trabalhar com intensidades variando de 2 a  $3W/cm^2$  porque o efeito térmico é quase nulo.

A intensidade tolerada com o transdutor em movimento é no máximo de 0,5 a  $4,0W/cm^2$ , enquanto que com o transdutor parado, intensidades menores que  $1W/cm^2$  são toleradas. Para altas temperaturas em grandes profundidades, deve-se utilizar intensidade de até  $4W/cm^2$  e para médias temperaturas em tecidos mais superficiais pode-se variar a intensidade entre 0,1 a  $1,0W/cm^2$  (16).

Para Greve e Amatuzzi (19) a intensidade deve estar compreendida entre 0,5 e  $4,0W/cm^2$ , sendo mais utilizada a faixa de 1,0 a  $2,0W/cm^2$  para a técnica de movimentação constante e inferior a  $1,0W/cm^2$  na técnica estacionária. A duração da aplicação é geralmente de 5 a 10 minutos por campo tratado, podendo ser realizadas de 3 vezes ao dia até 2 vezes por semana.

Para Starkey (11), os valores até hoje mencionados na literatura foram encontrados empiricamente através dos anos e em todas as experiências foram utilizadas frequências de US

entre 800kHz e 1MHz. A evidência clínica empírica sugere que a subdose é melhor que a superdose e as intensidades mais baixas são mais efetivas. Levando-se em consideração os índices de absorção para 1MHz e 3MHz pode-se concluir que as intensidades terapêuticas devem ser menores para 3MHz que atinge tecidos mais superficiais, do que para 1MHz que atinge tecidos mais profundos.

Para lesões agudas, a intensidade de início deve ser  $0,25\text{W}/\text{cm}^2$ , durante 5 minutos diariamente. A progressão é feita aumentando-se o tempo e reduzindo a frequência de tratamento. Para condições crônicas, a intensidade deve ser aumentada para  $1\text{W}/\text{cm}^2$  (1). Em qualquer caso, o paciente não poderá ter sensações desagradáveis ou dolorosas durante o tratamento. Se, após o tratamento, o paciente relatar sintomas tais como: cefaléias, vertigem, fadiga ou outras sensações (do

sistema nervoso autônomo), a próxima aplicação deve ser feita com intensidade mais baixa.

Para Bruno et al., (20) e Lianza (21) a intensidade terapêutica do US pode variar da ordem de 0,5 a  $4,0\text{W}/\text{cm}^2$ , não estabelecendo nenhum protocolo de tempo e intensidade para tratamento.

Alguns autores vêm estudando os efeitos produzidos pela terapia por US, como Hogan et al., (22) e Draper et al., (23) em estudos experimentais em coelhos, compararam a taxa de aumento da temperatura tecidual na região tratada com US, seguindo os protocolos descritos na quadro 1. Hogan et al., (21) obtiveram melhora do fluxo sanguíneo, ao contrário de Draper et al., (23) os quais não encontraram diferenças significativas na temperatura tecidual.

### **Quadro 1 – Protocolos de Dosimetrias de US utilizados para tratamento no aumento da temperatura tecidual**

<b>Autores</b>	<b>Frequência (MHz)</b>	<b>Pulsado/Contínuo</b>	<b>Intensidade (<math>\text{W}/\text{cm}^2</math>)</b>	<b>Tempo (min.)</b>	<b>Patologia</b>	<b>Resultados</b>
Hogan et al., (22)	1		2,5	5	Temperatura tecidual	+
Draper et al., (23)	1 e 3	Contínuo	0,5; 1,0; 1,5; 2,0	10	Temperatura tecidual	-

A Quadro 2 descreve alguns protocolos para utilização de US no tratamento de reparo de lesões cutâneas e úlceras de pressão. Mesmo seguindo dosimetrias diferentes, todos os autores citados obtiveram resultados positivos quanto ao uso de US na regeneração tecidual.

Em relação aos estudos do efeito do US na cicatrização de tendões (Quadro 3), Gam e Johannsen (24); Barros Jr. (25); Enwemeka (26) e Jackson et al., (27) utilizando intensidades que variaram de 0,8 a  $1,5\text{W}/\text{cm}^2$  entre 3 a 6 minutos, alcançaram resultados positivos em seus experi-

mentos. Porém Roberts et al., (28); Stevenson et al., (29); Romano (30) e Tuner et al., (31) com as mesmas variações de doses não descrevem resultados positivos da influência do US na cicatrização de tendões.

No estudo da regeneração das fibras musculares e aumento da vascularização pós-lesão muscular (Quadro 4), Gouvea et al., (32) e Menezes et al., (33) obtiveram uma melhora na capacidade de reparação da lesão. Porém Dionísio (34) não alcançou resultados positivos na vascularização pós-lesão muscular.

**Quadro 2 – Protocolos propostos para tratamento de reparo de lesão cutânea e úlcera de pressão com US.**

<b>Autores</b>	<b>Frequência (MHz)</b>	<b>Pulsado/Contínuo</b>	<b>Intensidade (W/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tempo (min.)</b>	<b>Patologia</b>	<b>Resultados</b>
Dyson & Pond (35)	3,5		0,1; 0,8	5	Reparação de lesão cutânea	+
Dyson & Pond (36)	3,5	Pulsado	0,5	5	Reparação de lesão cutânea	+
Dyson & Sulckling(37)	3	Pulsado	1	5 à 10	Úlceras varicosas	+
Hart et al (38)	3		0,1; 0,5	5	Reparação da ferida	+
Ter Har et al., (1996) apud Robertson & Baker (39)	3.28	Pulsado	0.1	7.5	Úlcera de Pressão	+

**Quadro 3 – Protocolos de Dosimetrias de US utilizados para tratamento na cicatrização de tendões**

<b>Autores</b>	<b>Frequência (MHz)</b>	<b>Pulsado/Contínuo</b>	<b>Intensidade (W/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tempo (min.)</b>	<b>Patologia</b>	<b>Resultados</b>
Roberts et al., (28)	1,1	Pulsado	0,8	5	Cicatrização de tendões	–
Stevenson (29)	3		0,75		Cicatrização de tendões	–
Tuner et al., (31)	1				Cicatrização de tendões	–
Enwemeka (26)	1	Contínuo	1		Cicatrização de tendões	+
Jackson et al., (27)		Contínuo	1,5	4	Cicatrização de tendões	+
Gan & Johannsen, (24)	3	Pulsado	0,8	3	Cicatrização de tendões	+
Romano (30)	3	Pulsado	0,8	6	Cicatrização	–
Barros Jr. (25)	3	Pulsado	0,8	6	Cicatrização de tendões	+

Em estudos realizados por Santos e Tiradentes (40), Pereira et al., (6) e Falconer (41) não apresentaram redução do quadro algico na artrite reumatóide (quadro 5).

Com relação aos estudos da influência do US na consolidação de fraturas, estes são animadores. Dos autores citados na quadro 6, somente Carvalho (42) não alcançou resultados positivos nos seus experimentos.

**Quadro 4 – Protocolos de Dosimetrias de US utilizados para tratamento na regeneração muscular:**

<b>Autores</b>	<b>Frequência (MHz)</b>	<b>Pulsado/Contínuo</b>	<b>Intensidade (W/cm<sub>2</sub>)</b>	<b>Tempo (min.)</b>	<b>Patologia</b>	<b>Resultados</b>
Dionísio (34)	1	Pulsado	0,5	5	Regeneração muscular	-
Gouvêa et al, (32)	1	Pulsado	0,5	5	Regeneração muscular	+
Menezes et al., (33)	1	Pulsado	0.5	5	Regeneração muscular	+

**Quadro 5 – Protocolos de Dosimetrias de US utilizados para tratamento da dor na artrite reumatóide.**

<b>Autores</b>	<b>Frequência (MHz)</b>	<b>Pulsado/Contínuo</b>	<b>Intensidade (W/cm<sub>2</sub>)</b>	<b>Tempo (min.)</b>	<b>Patologia</b>	<b>Resultados</b>
Falconer (43)	1	Contínuo	Máxima (2,5)		Artrite reumatóide	-
Santos & Tiradentes (40)	3		1	5	Artrite reumatóide	-
Pereira et al., (6)	1		0.2	5	Artrite reumatóide	-

Para a maioria dos fisioterapeutas, a aplicação do US sobre epífises de crescimento dos ossos longos é considerado contra-indicado. Para Pessina (44) não há na literatura trabalho experimental ou clínico que tenha demonstrado efeito lesivo ou benéfico. Visando a esclarecer essa dú-

vida, Guirro e Guirro (13) e Moreno et al., (45) realizaram um estudo com US de 1MHz na cartilagem da epífise de crescimento de coelhos jovens (Quadro 7), com doses variadas, por dez dias consecutivos. Como resultado, ambos observaram que o US não estimulou o fechamento das epífises de crescimento.

**Quadro 6 – Protocolos de Dosimetrias de US utilizados para tratamento no reparo do tecido osseo**

<b>Autores</b>	<b>Frequência (MHz)</b>	<b>Pulsado/Contínuo</b>	<b>Intensidade (W/cm<sub>2</sub>)</b>	<b>Tempo (min.)</b>	<b>Patologia</b>	<b>Resultados</b>
Dyson & Brookes (46)	1,5 e 3	Pulsado	0,5	5	Reparo de fraturas	+
Dyson & Paookes (47) Xavier & Duarte (48)	1,5 0,1	20	0,5		Fratura Pseudoartrose e consolidação de fraturas	+
Pilla et al., (49)		Pulsado	0,3	20	Remodelação óssea	+
Wang et al., (50)		0,3	15		Fratura óssea	+
Longo & Furini Jr (2)	1 e 3	Pulsado	0,5	5	Consolidação óssea	+
Reher et al., (51)	3	Pulsado	0,1	5	Formação óssea	+
Carvalho (42)	1,5	Pulsado	0,3	20	Ossos osteopênicos	-
Evangelista (52)	1 e 3	Pulsado	0,5	5	Fratura óssea	+

**Quadro 7 – Protocolos de Dosimetrias de US utilizados sobre epífise de crescimento**

<b>Autores</b>	<b>Frequência (MHz)</b>	<b>Pulsado/Contínuo</b>	<b>Intensidade (W/cm<sub>2</sub>)</b>	<b>Tempo (min.)</b>	<b>Patologia</b>	<b>Resultados</b>
Moreno et al., (45)	1	Pulsado/Contínuo	1	2	Epífise de Crescimento	+
Guirro & Guirro (13)	1	Pulsado	0,5		Epífise de Crescimento	+

## Considerações finais

Foi possível concluir, com este trabalho de revisão bibliográfica, que não existem parâmetros estabelecidos de dosimetrias nas terapias com US e que seus efeitos vêm sendo investigados e descritos de maneira empírica através dos tempos. Ressalta-se aqui a grande importância de um número maior de pesquisas para que se estabeleçam os parâmetros físicos e dosimetrias adequadas para a utilização do US nas diversas patologias.

Apesar das divergências de dosimetria no tratamento com US, proposta pelos autores citados, os valores da intensidade estão entre os parâmetros proposto por Guirro e Guirro (13), Chantraine et al., (15), Webster (16), Greve e Amatuzzi (19), Kahn (17) e outros autores.

Dentre os autores citados, somente Xavier e Duarte (48), Pilla et al., (49) e Carvalho (42) utilizaram um tempo de 20 minutos no tratamento por US, sendo este acima do limite recomendado de 15 minutos.

## Referências

1. Thomson A, Skinner A, Piercy J. **Fisioterapia de TIDY**. São Paulo: Santos; 1994..
2. Longo GJ, Fuirini Jr N. **Ultrason**. São Paulo: Camanducaia; 1996.
3. DionísioVC, Volpon JB. Ação do ultra-som terapêutico sobre a vascularização pós-lesão muscular experimental em coelhos. **Revista Brasileira de Fisioterapia** 1999; 4: 19-25.
4. LowJ, Reed A. **Eletroterapia explicada: princípios e prática**. 3. ed. São Paulo: Manole; 2001. P. 187-224.
5. Mcdiarmid T, Ziskin MC, Michlovitz SL. Therapeutic ultrasound. In: Michlovitz SL, Wolf SL. **Thermal agents in rehabilitation**. 3. ed. Philadelphia: F. A. Davis; 1996. P.168-212.
6. Pereira LSM, FranchisI JN, Silva FMP, Santos AMC, Tiradentes KA, Carmo SC. Os efeitos do ultra-som na hiperalgesia e no edema de ratos artríticos. **Rev. Fisioterapia Univ. São Paulo** 1998; 5(2):83-96.
7. Bassoli, DA. **Avaliação dos efeitos do ultra-som pulsado de baixa intensidade na regeneração de músculos esqueléticos com vistas à aplicabilidade em clínica fisioterapêutica**. f.73-81. [Dissertação] – Escola de Engenharia de São Carlos/ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, 2001.
8. Kitchen S, Bazin S. **Eletroterapia de Clayton**. 10.ed. São Paulo: Manole; 1996.
9. Myers RS. **Saunders manual of physical therapy**. United States: W. B. Saunders Company; 1995.
10. Behrens BJ, Michlovitz SL. **Physical Agents Theory and Practice**. Philadelphia: F. A. Davis; 1996. P.85-7.
11. Starkey C. **Recursos terapêuticos em fisioterapia**. São Paulo: Manole; 2001. P. 278-305.
12. Agne JE, Franco CW, Griebeler D, Petri FC. O uso do ultra- som terapêutico em clínicas de fisioterapia da cidade de Santa Maria-RS-Brasil. **Rev. Fisioterapia em Movimento** 2003;16(2):11-16.
13. Guirro EC,Guirro RR. **Fisioterapia dermatofuncional**. 3. ed. São Paulo: Manole; 2002. P.175-204.
14. Borges FS. Dosimetria em ultra som. **Rev. Fisio&Terapia**1998; 9(2):9-10.
15. Chantraine A, Gobelet C, Ziltener JL. **Électrologie et applications. Encyclopedie Médical Chirurgical**. Paris-France: Elsevier; 1998. v. 26. P. 22.
16. WebsterJG.**Encyclopedia of medical devices and instrumentation**. New York: J. Wiley;1988. P. 1491 – 1493.
17. KahnJ. **Princípios e prática de eletroterapia**. 4. ed.. São Paulo: Santos; 2001. P.49-63.
18. Andrews JR, Harrelson GL,Wilk KE. **Reabilitação física das lesões desportivas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000. 76 p.
19. Greve JM, Amatuzzi MM. **Medicina de reabilitação aplicada à ortopedia e traumatologia**. São Paulo: Roca; 1999.



20. Bruno AA, Masiero D, Granero LHC M, Botelho LAA, Secco MFM, Saad M, Wasserstein S. Meios físicos em reabilitação. In: Lianza S. **Medicina de Reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001. P. 97.
21. Lianza S. **Medicina de reabilitação**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001.
22. Hogan RD, Burke KM, Franklin TD. The effect of ultrasound on microvascular hemodynamics in skeletal muscle: effects during ischemia. **Microvascular Research** 1982; 23:370 – 379.
23. Draper D, Castel JC, Castel D. Rate of temperature increase in human muscle during 1 Mhz continuous ultrasound. **Journal Orthopedic Sports Physical Therapy** 1995;22(4): 142-50.
24. Gam NA, Johannsen F. Ultrasound therapy in musculoskeletal disorders: a meta – analysis. **Science** 1995;63: 85 – 91.
25. Barros EAJ. **Os efeitos do ultra-som na cicatrização de tendões flexores de coelhos após tenorrafia**. Ribeirão Preto. 57f. [Dissertação] - Escola de Engenharia de São Carlos/ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, 2001.
26. Enwemeka CS. The effects of therapeutic ultrasound on tendon healing. **Phys. Med. Rehabil** 1989;68:238-87.
27. Jackson BA, Schwane JA, Starcher BC. Effect of ultrasound therapy on the repair of achilles tendon injuries in rats. **Med. Sci. Sports Exerc** 1991; 23:170-6.
28. Roberts M, Rutherford JH, Harris D. The effect of ultrasound on tendon repairs in the rabbit. **The Hand** 1982;14:17-20.
29. Stevenson JH, Pang CJ, Lindsay WK, Zuker RM. Functional, mechanical, and biochemical assessment of ultrasound therapy on tendon healing in the chicken toe. **Plastic and Reconstructive Surgery** 1986;77(6): 965-72.
30. Romano CVG. **Os efeitos do ultra-som terapêutico aplicado na fase precoce da cicatrização do tendão flexor: estudo biomecânico em tendões de coelhos**. f.1-5. [Dissertação]- Escola de Engenharia de São Carlos/ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, 2001.
31. Turner SM, Powell ES, NGSS. The effect of ultrasound on the healing of repaired cockerel tendon: is collagen cross-linkage a factor? **Journal of Hand Surgery** 1989;14: 428-33.
32. Gouvêa CMCP, Vieiral PMN, Amaral, AC. Efeito do ultra-som na recuperação de músculo tibial anterior de rato lesado. **Rev. Univ. Alfenas**, v.4, p. 165-173, 1998.
33. Menezes DF, Volpon JB, Shimano AC. Aplicação de ultra-som terapêutico em lesão muscular experimental aguda. **Revista Brasileira de Fisioterapia** 1999; 4:27-31.
34. Dionísio VC. **O efeito do ultra-som terapêutico na vascularização pós-lesão muscular experimental em coelhos**. Ribeirão Preto. [Dissertação] – Escola de Engenharia de São Carlos/ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, 1998.
35. Dyson M, Pond JB. The effects of pulsed ultrasound on tissue regeneration. **Physiotherapy** 1970;56:136-42.
36. Dyson M, Pond JB. The effects of ultrasound on circulation. **Physiotherapy** 1973;59(9):284-287.
37. Dyson M, Suckling J. Stimulation of tissue repair by ultrasound: a survey of the mechanisms involved. **Physiotherapy** 1978; 64: 105-108.
38. Hart J, Dyson M, Pond JB, Grahame R. The effect of therapeutic ultrasound on wound contraction. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress World Confederation For Physical Therapy, London, 1991. London: WCPT, 1991. Book III. p. 1391.
39. Robertson VJ, Baker KGA Review of therapeutic ultrasound: effectiveness studies. **Physical Therapy** 2001;81(7): 1339-1350.
40. Santos AMC, Tiradentes KA. **Os efeitos do ultra-som de alta frequência na hiperalgia e no edema de ratos artríticos**. Belo Horizonte:UFMG: 1997.
41. Falconer J, Hayes KW, Chang RW. Effect of ultrasound on mobility in osteoarthritis of the knee. **Arthritis Care Res** 1992; 5 (1):29-38.

42. Carvalho DCL. **Ação do ultra-som de baixa intensidade em ossos de ratas osteopênicas.** [Dissertação] – Escola de Engenharia de São Carlos/ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, 2001.
43. Falconer J, Hayes KW, Chang RW. Therapeutic ultrasound in the treatment of musculoskeletal conditions. **Arthritis Care Res** 1990;3(2):85-91.
44. Pessina AL. Aplicação do ultra-som terapêutico na cartilagem de crescimento proximal de tibia de coelho. **Revista Brasileira de Fisioterapia** 1998;(3supl.):38.
45. Moreno BGD, Santos LR, Neto LFM, André JC, Sauro EE, Cirillo FP. Estudo experimental da aplicação do ultra-som terapêutico contínuo e pulsado nos modos 16Hz, 48Hz e 100Hz sobre epífise de crescimento de coelhos. **Fisioterapia Brasil** 2001;2: 97-99.
46. Dyson M, Brookes, M: Stimulation of bone repair by ultrasound. **Ultrasound in Medicine and Biology**, (supl. 2), p. 61-66, 1983.
47. Dyson M, Paookes M. Stimulation of bone repair by ultrasound. **Ultrasound in Med. And Biol** 1983; (Sup. 2):61-66.
48. Xavier CAM, Duarte LR. Estimulação ultra-sônica do calo ósseo. **Rev. Brasil. Ortop**1983;18(3):73-80.
49. Pilla AA, Mont MA, Nasser PR, Klan SA, Figueiredo M, Kaufman JJ. et al. Non-invasive low-intensity pulsed ultrasound accelerates bone healing in the rabbit. **J. Orthop Trauma** 1990;4(3):246-253.
50. Wang SJ, Lewallen DG, Bolander ME, Chao EYS, Ilstrup DM, Greenleaf JF. Low intensity ultrasound treatment increases strength in a rat femoral fracture model. **J. Orthop Res** 1994;12(1): 40-47.
51. Reher GJ, Elbeshir ENI, Harvey W, Meghji S, Harris M. The stimulation of bone formation in vitro by therapeutic ultrasound. **Ultrasound Med. Biol** 1997;8:1251-8.
52. Evangelista AR, Furtado CS, Vilardi Jr NP, Alves BMO. Estudo do efeito ultra-sônico na consolidação óssea. **Rev. Fisioterapia Brasil** 2003;4(2):139-143.

Recebido em: 19/09/04

Aprovado em: 21/03/05