

Ultra-Som Terapêutico nas Lesões Cutâneas: Uma Revisão

(Ultrasound Therapy on Cutaneous Lesion: A Review)

Adriana da Silva Ferreira¹; Adriana Clemente Mendonça²

¹Faculdades Integradas Fafibe – Bebedouro – SP
adriana1fisio@yahoo.com.br

²Universidade de Ribeirão Preto-SP - Unaerp
adricm@terra.com.br

Abstract. *This studied had as objective realized bibliographical revision the ultrasound therapy and this effects on process healing cutaneous, having the data bases Lilacs, Pubmed and Periódicos Capes, beyond teses and didactic books with significant content. The resulted this studied allow concluded the ultrasound irradiation stimulate the cutaneous healing, may accelerate skin repar on this diferent times, is possible better the rate the healing and quality of the skin healing.*

Keywords. *ultrasound therapy; skin; healing; cutaneous lesion*

Resumo. *O objetivo desse estudo foi realizar uma revisão bibliográfica sobre o ultra-som terapêutico e seus efeitos no processo de cicatrização cutânea, tendo as bases de dados Lilacs, Pubmed e Periódicos Capes, além de teses e livros didáticos com conteúdo relevante. Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que a irradiação ultra-sônica estimula a cicatrização cutânea, podendo acelerar a reparação tecidual nas suas diferentes fases, sendo possível melhorar tanto a velocidade da cicatrização, quanto a qualidade do tecido cicatricial.*

Palavras-chave. *ultra-som terapêutico; pele; cicatrização; lesão cutânea*

1. Introdução

A cicatrização de feridas é um evento complexo, que envolve a interação de diversos componentes celulares e bioquímicos e ocorre espontaneamente, sem intervenções externas, mas que, quando tratada através de artifícios, tende a ocorrer de forma mais rápida e com melhores resultados funcionais e estéticos. A possibilidade de acelerar a cicatrização e o fechamento de lesões cutâneas, através de recursos químico-medicamentosos ou físicos, tem sido objeto de investigação de inúmeros pesquisadores. Vários estudos demonstram os efeitos benéficos do ultra-som terapêutico sobre este processo, indicada no tratamento tanto de condições agudas, como crônicas (KITCHEN e PARTRIDGE, 1990).

O aparelho de terapia ultra-sônica consiste em duas partes funcionais, uma de circuito eletrônico alojada na estrutura do aparelho e um transdutor montado no aplicador. O transdutor converte energia elétrica em vibrações mecânicas quando uma tensão alternada é aplicada; fenômeno denominado efeito piezoelétrico (KITCHEN e PARTRIDGE, 1990), que é observado em alguns materiais cristalinos, como o quartzo ou uma cerâmica sintética, tais como o zirconato e o titanato (PZT), os quais podem ser polarizados pela aplicação de uma carga elétrica.

O bom desempenho do equipamento de ultra-som depende de um acoplamento correto entre o transdutor e o paciente. Os tecidos são caracterizados por apresentarem impedância acústica, e as aplicações feitas em contato direto com eles necessitam de um agente acoplador que também excluirá as bolhas de ar que podem se formar entre o transdutor e o paciente podendo ser água, gel e alguns tipos de óleos, como a vaselina. (GUIRRO, CANCELIERI e SANT'ANA, 2001; SPEED, 2001).

O objetivo desse estudo foi realizar uma revisão bibliográfica sobre o ultra-som e seus efeitos no processo de cicatrização cutânea, tendo as bases de dados Lilacs, Pubmed e Periódicos Capes, além de teses e livros didáticos com conteúdo relevante.

2. Ultra-som terapêutico

O ultra-som é uma forma de energia mecânica não audível, que consiste em vibrações de alta frequência, na faixa acima de 20 KHz (kilohertz). A frequência está relacionada com o número de ondas que passam por um determinado ponto em unidade de tempo, expressa em Hz (hertz); varia, em geral, entre 1 e 3 MHz, embora outras frequências possam ser programadas. Frequências mais elevadas as torna mais adequadas para o tratamento de tecidos superficiais, enquanto que as frequências mais baixas as faz propícias para o tratamento das estruturas profundas (MCDIARMID e BURNS, 1987).

A onda mecânica produzida pelo ultra-som é a energia transmitida por vibrações de moléculas do meio em que estão se propagando, fazendo-as oscilarem, quer o meio seja sólido, líquido ou gasoso (TER HAAR, 1987). A quantidade de energia que incide em uma determinada superfície é chamada de potência, expressa em watts (W). Essa energia é dependente de algumas características do ultra-som (frequência, intensidade, amplitude, foco e uniformidade do feixe) e do tipo de tecido em que ocorre a propagação da onda (SPEED, 2001). A intensidade é definida como a quantidade de energia que passa através da unidade de área na unidade de tempo, expressa em watts por centímetro ao quadrado (W/cm²). Utiliza-se a sigla SATA para expressar a intensidade média de energia ultra-sônica.

As ondas ultra-sônicas podem se propagar de dois modos: o contínuo e o pulsado. No modo contínuo não ocorre interrupção da onda ultra-sônica, de modo que há uma deposição ininterrupta de energia nos tecidos irradiados. Já no modo pulsado, há interrupções regulares e reguláveis na liberação da energia nos tecidos irradiados. A escolha entre o modo contínuo ou pulsado depende dos efeitos biofísicos que se busca e da interação do ultra-som com o tecido em questão (McDIARMID e BURNS, 1987).

2.1. Mecanismos de interação do ultra-som terapêutico com os tecidos biológicos

É fato conhecido que o ultra-som interage com os tecidos biológicos por meio de mecanismos térmicos e não térmicos ou mecânicos que prevalecem de acordo com o modo de propagação da onda (contínua ou pulsada). Os dois mecanismos de interação ocorrem simultaneamente (DYSON, 1982), mas é possível potencializar um ou outro efeito alterando os parâmetros físicos da irradiação, como o tipo de onda utilizada, o tempo e a técnica de aplicação (BAKER, ROBERTSON e DUCK, 2001; DYSON, 1987).

A irradiação ultra-sônica promove o aquecimento dos tecidos biológicos (mecanismo térmico) devido à absorção de parte da energia mecânica do ultra-som, causando um aumento do fluxo sanguíneo local, aumento temporário na extensibilidade das estruturas colagenosas, como os tendões, ligamentos e cápsulas articulares; diminuição da rigidez articular, redução da dor e do espasmo muscular e produção de uma discreta reação inflamatória (BAKER, ROBERTSON e DUCK, 2001; DYSON, 1987; KITCHEN e PARTRIDGE, 1990). O aquecimento local depende do tipo de tecido (os altamente protéicos como os músculos e

tendões absorvem mais energia do que os tecidos com alto teor de gordura), do fluxo sanguíneo regional (poderá dissipá-lo) e da frequência aplicada (altas frequências são mais rapidamente absorvidas do que as baixas frequências) (DYSON, 1987; TER HAAR, 1987).

Os efeitos mecânicos (mecanismo não térmico) são conhecidos como cavitação, microfluxo acústico e força de radiação, sob o efeito da micromassagem, que consiste na reação mecânica dos tecidos devido à pressão da onda ultra-sônica.

A cavitação é o termo usado para descrever a formação de micro-bolhas de gás num meio contendo líquido, sob a ação do campo ultra-sônico; envolve a formação, o crescimento, o colapso e os efeitos associados às bolhas gasosas. A cavitação estável ocorre quando as bolhas se contraem e se expandem de modo estável; sendo responsável, em parte, pela estimulação do reparo dos tecidos (DYSON, 1987; KITCHEN e PARTRIDGE, 1990; TER HAAR, 1987). Os efeitos potencialmente benéficos da cavitação estável podem ocorrer a intensidades de 0,1 e 0,2 W/cm² (DYSON, 1987).

A cavitação transitória ocorre quando as bolhas entram em colapso, liberando grande quantidade de energia (KITCHEN e PARTRIDGE, 1990; TER HARR, 1987). Pode ser danosa para os tecidos, mas só ocorre com altas intensidades (10 W/cm²), maiores do que aquelas usadas terapêuticamente (LEITE, 1989). A irradiação com o feixe ultra-sônico estacionário pode causar a diminuição do fluxo de células sanguíneas, diminuição do fluxo de oxigênio e cavitação transitória. Evita-se a cavitação transitória por meio da movimentação contínua do cabeçote aplicador do ultra-som (KITCHEN e PARTRIDGE, 1990; TER HAAR, 1987).

O microfluxo corresponde a movimentos unidirecionais que ocorre em fluídos submetidos a um campo ultra-sônico e que originam forças e tensões que podem, por um lado, danificar macromoléculas e células e, por outro, modificar a posição de partículas intra e extracelulares. Conseqüentemente, podem afetar a atividade celular, estimulando o metabolismo e a multiplicação (DYSON e SUCKLING, 1978).

Os efeitos fisiológicos dos mecanismos não térmicos foram evidenciados em vários estudos, incluindo a degranulação de células de sustentação, alterações na função da membrana celular, aumento nos níveis intracelulares de cálcio, aumento da angiogênese e da permeabilidade vascular, estimulação da atividade fibroblástica e, conseqüentemente, aumento da síntese protéica e da tensão elástica do colágeno (DYSON, 1982, 1987; DYSON e SUCKLING, 1978; KITCHEN e PARTRIDGE, 1990; YOUNG e DYSON, 1990). Assim, o ultra-som tem um papel terapêutico importante na reparação tecidual, sobretudo à baixa intensidade, o que minimiza inclusive o risco de lesões teciduais, que podem ocorrer com intensidades elevadas (FRENKEL e KIMMEL; IGER, 1999; KITCHEN e PARTRIDGE, 1990). Não existem dados científicos ou clínicos quantitativos que indiquem que devem ser utilizadas intensidades elevadas de irradiação ultra-sônica, isto é, acima de 1 W/cm², na reparação tecidual. Ao contrário, as referências bibliográficas apóiam o uso de intensidade de 0,5 W/cm² (SATA) e até inferiores para que seja acelerada a cicatrização de tecidos como a pele, o osso e o tendão.

2.2 Ultra-som terapêutico (UST) no reparo do tegumento cutâneo

As evidências dos efeitos benéficos da irradiação ultra-sônica sobre o tegumento cutâneo estimularam a investigação sobre os seus benefícios em algumas situações clínicas. Assim, Galitsky e Levina (1964) usaram a irradiação com o ultra-som terapêutico (UST) de 2,5 MHz de frequência e com intensidade de 1,5 W/cm², como método preparatório de procedimentos de enxerto de pele em úlceras cutâneas tróficas, cuja eficácia aumentou.

Dyson et al. (1968) utilizaram diferentes intensidades de irradiação do UST para estimular a regeneração de lesões cutâneas de espessura total na orelha de coelhos e demonstraram que a irradiação por 5 minutos com o ultra-som pulsátil a 0,5 W/cm² de

intensidade, acelera o processo de cicatrização, com os melhores resultados ocorrendo nas fases iniciais do processo.

Dyson, Franks e Suckling (1976) avaliaram os efeitos do UST (modo pulsado, 3 MHz de frequência, intensidade de 1,0 W/cm², por 5 a 10 minutos, três vezes por semana) na cicatrização de úlceras varicosas crônicas, demonstrando que houve redução do tamanho da área lesada e melhora da dor.

Dyson e Suckling (1978) utilizaram o UST (modo pulsado, frequência de 3 MHz, potência de 0,2 W/cm², por mais de 5 minutos) na superfície cutânea ao redor de úlceras dos membros inferiores e demonstraram uma redução significativa do tamanho das lesões, concluindo assim que o ultra-som pode estimular o processo de reparação.

Roche e West (1984) confirmaram estes resultados, com o ultra-som na frequência de 3 MHz, intensidade de 1 W/cm² e os mesmos parâmetros para o tempo de aplicação.

Shamberger et al. (1981) avaliaram os efeitos térmicos do UST de 5 MHz e a resistência mecânica à ruptura da cicatriz de feridas dérmicas irradiadas diariamente por 5 (0,05 a 0,15 W/cm²) e 10 minutos (0,05 W/cm²). Demonstraram que houve um aumento da temperatura do tecido subcutâneo igual para todas as intensidades e que a resistência da cicatriz não aumentou para nenhuma delas.

Callan et al. (1987) observaram um aumento de 20% na velocidade de cicatrização das úlceras crônicas de pernas tratadas com o ultra-som pulsado (1MHz, 0,5 W/cm²), aplicado semanalmente por doze semanas durante um minuto por área de transdutor ao redor das úlceras com aplicação semanal, durante doze semanas.

Young e Dyson (1990) observaram os efeitos do ultra-som pulsado (0,1 W/cm², frequências de 0,75 e 3 MHz) em lesões de pele total em ratos, com aplicações diárias de 5 minutos cada durante 7 dias, iniciando imediatamente após a produção da lesão. Os resultados obtidos sugerem que o ultra-som pode acelerar o processo inflamatório do reparo, bem como os estágios de proliferação celular em ambas frequências utilizadas. Esses achados são similares aos encontrados por Dyson (1987) e Maxwell (1992), que concluíram que o ultra-som causa o aumento do fluxo sanguíneo para a ferida, a liberação dos mediadores da inflamação, a migração de leucócitos, a angiogênese, a síntese de colágeno e a formação do tecido cicatricial. Por outro lado, Cambier e Vanderstraeten (1997) observaram os efeitos do UST pulsado (0,25 W/cm²) e contínuo (0,3 W/cm²), com frequência de 3 MHz, na cicatrização de queimaduras em ratos, não observando diferenças significantes no processo de cicatrização entre os efeitos dos parâmetros.

Byl et al. (1993) aplicaram o UST contínuo e pulsado (1 MHz, 1,5 W/cm², sessões de 5 minutos) em lesões cutâneas em porcos. Observaram que o UST pulsado produziu maior deposição de colágeno a 0,5 W/cm², já com cinco dias de tratamento, intensificando após 10 dias e resultando em aumento significativo da resistência mecânica da cicatriz, em comparação com o UST contínuo.

Johannsen, Gam e Karlsmark (1998) revisaram 44 artigos a respeito da aplicação do UST para estimular a cicatrização de úlceras crônicas na perna, encontrando que os melhores resultados ocorrem com a irradiação na margem ao redor da úlcera com doses baixas. Sugerem que mais estudos são necessários para avaliar os possíveis efeitos em relação ao modo de aplicação do ultra-som, dose, frequência, tempo e número de aplicações.

Frenkel, Kimmel e Iger (1999) estudaram os efeitos do UST subaquático (1 MHz, até 1 W/cm²) sobre o epitélio de peixes e relataram que as doses mais altas (a partir de 0,75 W/cm²) associadas ao tempo de irradiação (90 segundos) podem levar a lesões teciduais importantes, das camadas superficiais, as mais profundas, produzindo falhas na superfície celular e dispersão dos componentes intracelulares, tais como segmentos da membrana celular, organelas e fibras intracelulares.

Boucaud et al. (2001) expuseram segmentos de pele humana e de ratos sem pêlo, *in vivo* e *in vitro* ao ultra-som de baixa frequência (20 KHz) e intensidade variando entre 0,25 a 7 W/cm², no modo pulsado e contínuo. Um lento e pequeno eritema foi observado na pele do rato após a exposição de 2,5 W/cm², evoluindo 24 horas depois para uma lesão dérmica e necrose muscular; atribuída ao aumento importante de temperatura observado quando um filme plástico era colocado entre o agente acoplador e a pele, durante a terapia. Em contraste, submetida às mesmas condições, não houve modificações na pele humana, que se mostrou também menos sensível *in vitro*.

Lowe et al. (2001) observaram os efeitos do UST pulsado (1 e 3 MHz, 0,5 W/cm², 5 minutos de aplicação) na pele de ratos com atraso no fechamento de feridas cutâneas submetidas à exposição radioativa, concluindo que houve estímulo ao fechamento da ferida com ambas as frequências.

Barros (2002) estudou os efeitos do UST pulsado (3 MHz, 0,8 e 0,4 W/cm²) sobre lesões epidérmicas totais em coelhos, demonstrando que houve estimulação da cicatrização das feridas com a dosagem menor (0,4 W/cm²).

Amâncio (2003) evidenciou um aumento significativo no número de células em proliferação na epiderme e neoformação vascular, com aceleração e melhora na integração de enxertos de pele total após irradiação com o UST (3MHz, 05 W/cm², 5 minutos) em coelhos.

3. Considerações finais

A terapia ultra-sônica é uma modalidade terapêutica frequentemente utilizada na prática da fisioterapia. Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que a irradiação ultra-sônica estimula as cicatrizações cutâneas, podendo acelerar a reparação tecidual nas suas diferentes fases; sendo possível melhorar tanto a velocidade da cicatrização, quanto à qualidade do tecido cicatricial (BYL et al., 1993; DYSON, 1987; BAKER, ROBERTSON e DUCK, 2001; YOUNG e DYSON, 1990).

Tem-se sugerido que os efeitos não térmicos do ultra-som são mais importantes no tratamento de lesões dos tecidos moles do que os efeitos térmicos; do mesmo modo que as doses elevadas do ultra-som podem ser lesivas enquanto que as doses baixas são mais indicadas para promover um efeito significativo em tecidos lesionados.

A compreensão dos seus efeitos biológicos, mecanismos de ação e as características do tecido envolvido são importantes para maximizar a segurança e a eficácia do tratamento. Por esse motivo, os equipamentos devem ser calibrados e testados periodicamente para que os padrões de segurança sejam atendidos.

4. Referências

AMÂNCIO, A. G. *Efeitos do ultra-som terapêutico na integração de enxertos da pele total em coelhos*. 2003. 53f. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

BAKER, K. G., ROBERTSON, V. J., DUCK, F. A. A review of therapeutic ultrasound: biophysical effects. *Phys. Ther.*, Albany, v. 81, p. 1351-1358, 2001.

BARROS, A. R. B. *Efeitos do ultra-som terapêutico nas lesões da epiderme de coelhos*. 2002, 40f. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

BOUCAUD, A., MONTHARU, J., MACHET, L., ARBEILLE, B., MACHET, C. M., PATAT, F., VAILLANT, L. Clinical, histological, and electron microscopy study of skin exposed to low-frequency ultrasound. *Anat.Rec.*, New York, v. 264, n. 1, p. 114-119, 2001.

- BYL, N. M., Mckenzie, A., Wong, T., West, J., Hunt, T. K. Incisional wound healing: A controlled study of low and high dose ultrasound. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, Alexandria, v. 18, n. 5, p. 619-628, 1993.
- CALLAM, J. M., Dale, J. J., Harper, R. D., Ruckley, V. C., Prescott, J. R. A controlled trial of weekly ultrasound therapy in chronic leg ulceration. *Lancet*, London, v. 330, n. 8552, p. 204-206, 1987.
- CAMBIER, D. C., VANDERSTRAETEN, G. G. Failure of therapeutic ultrasound in healing burn injuries. *Burns*, Guildford, Surrey, U. K., v. 23, n. 3, p. 248-249, 1997.
- DYSON, M. Non-thermal cellular effects of ultrasound. *Br. J. Cancer*, London, v. 45, p. 165-175, 1982.
- _____. Mechanisms involved in therapeutic ultrasound. *Physiotherapy*, London, v. 73, n. 3, p. 116-120, 1987.
- DYSON, M., POND, J. B., JOSEPH, J., WARWICK, R. The stimulation of tissue regeneration by means of ultrasound. *Clin. Sci.*, Philadelphia, 35, p. 273-285, 1968.
- DYSON, M., FRANKS, C., SUCKLING, J. Stimulation on healing of varicose ulcers by ultrasound. *Ultrasonics*, London, v. 14, p. 232-236, 1976.
- DYSON, M., SUCKLING, J. Stimulation of tissue repair by ultrasound: a survey of the mechanisms involved. *Physiotherapy*, London, v. 64, n. 4, p. 105-108, 1978.
- FRENKEL, V., KIMMEL, E., IGER, Y. Ultrasound-induced cavitation damage to external epithelia of fish skin. *Ultrasound Med. Biol.*, Oxford, v. 25, n. 8, p. 1295-1303, 1999.
- GALITSKI, A.B.; LEVINA, S.I. Vascular origin of trophic ulcers and application of ultrasound as preoperative treatment to plastic surgery. *Acta Chir. Plast.*, v.89, p.271-8, 1964.
- GUIRRO, R., CANCELIERI, A. S., SANT'ANA, I. L. Avaliação dos meios intermediários utilizados na aplicação do ultra-som terapêutico. *Rev. Bras. Fisioter.*, São Carlos, v. 5, n. 2, p. 49-52, 2001.
- JOHANSEN, F., GAM, A. N., KARLSMARK, T. Ultrasound therapy in chronic leg ulceration: a meta-analysis. *Wound Repair Regene.*, St. Louis, v. 6, p. 121-126, 1998.
- KITCHEN, S. S., PARTRIDGE, C. J. A review of therapeutic ultrasound. *Physiotherapy*, London, v. 76, n. 10, p. 593-600, 1990.
- LEITE, A. J. *Quantificação da ruptura celular produzida por ultra-som em eritrócitos do sangue humano*. 1989. 125f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1989.
- LOWE, A.S., WALKER, M.D., COWAN, R., BAXTER, G.D. Therapeutic ultrasound and wound closure: lack of healing effect on x-ray irradiated wounds in murine skin. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, Chicago, v. 82, n. 11, p. 1507-11, 2001.
- MAXWELL, L. Therapeutic ultrasound: its effects on the cellular and molecular of inflammation and repair. *Physiotherapy*, London, v. 78, n. 5, p. 421-426, 1992.
- McDIARMID, T., BURNS, P. N. Clinical applications of therapeutic ultrasound. *Physiotherapy*, London, v. 73, n. 4, p. 155-162, 1987.
- ROCHE, C., WEST, J. A controlled trial investigating the effect of ultrasound on venous ulcers referred from general practitioners. *Physiotherapy*, London, v. 70, n. 12, p. 475-477, 1984.
- SHAMBERGER, R. C., TALBOT, T. L., TIPTON, H. W., THIBAUT, L. E., BRENNAN, M. F. The effect of ultrasonic and thermal treatment on wounds. *Plast. Reconstr. Surg.*, Baltimore, v. 68, n. 6, p. 860-870, 1981.
- SPEED, C. A. Therapeutic ultrasound in soft tissue lesions. *Rheumatology*, New York, v. 40, n. 12, p. 1331-1336, 2001.
- TER HARR, G. Basic physics of therapeutic ultrasound. *Physiotherapy*, London, v. 73, n. 3, p. 110-113, 1987.

YOUNG, S. R. , DYSON, M. Effect of therapeutic ultrasound on the healing of full-thickness excised skin lesions. *Ultrasonics*, London, v. 28, p. 175-180, 1990b.