

ESTUDO COMPARATIVO DO AQUECIMENTO ATRAVÉS DAS TÉCNICAS DE CONTATO DIRETO E IMERSÃO APLICADAS EM PHANTOM

A.P.M. Moraes*, B.L.S. Fagundes*, L.S. de Lima*, T.P. Omena*^{***}, R.M. Costa**, W.C.A. Pereira**, M.A. Von Krüger**.

* Curso de Fisioterapia-Faculdade de Medicina/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

**Programa de Engenharia Biomédica/COPPE UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

Email: annapaula.moraes1@gmail.com

Resumo: O uso do ultrassom terapêutico é comum em protocolos de fisioterapia por suas propriedades térmicas e acústicas que promovem efeitos fisiológicos capazes de auxiliar em tratamentos de lesões de tecido mole, e duas das técnicas de aplicação preconizadas para este recurso são as técnicas de contato direto e a técnica de imersão. Embora sejam relatadas na literatura há muitos anos, são necessários mais estudos para comprovar a efetividade das mesmas. Com isso, o presente estudo buscou avaliar e comparar o padrão de aquecimento gerado por ultrassom terapêutico utilizando as técnicas de contato direto e de imersão aplicadas a um *phantom* mimetizador de tecido adiposo em um calorímetro. Observou-se que houve um aquecimento maior com a técnica de contato direto, porém não indicando menor eficácia da técnica de imersão.

Palavras-chave: Padrão de aquecimento, técnica de imersão, ultrassom terapêutico

Abstract: *The use of therapeutic ultrasound is common in physical therapy protocols for its thermal and acoustic properties that promote physiological effects that can assist in soft tissue injuries treatment, and two of the recommended application techniques for this feature are the techniques of direct contact and immersion technique. Although reported in the literature for many years, more studies are needed to confirm the effectiveness of the same. Thus, this study aimed to evaluate and compare the heating pattern generated by therapeutic ultrasound using the techniques of direct contact and immersion applied to a phantom mimicking adipose tissue in a calorimeter. It was observed that there was a greater warming with the technique of direct contact, but not indicating less effective immersion technique.*

Keywords: *Heating pattern, immersion technique, therapeutic ultrasound.*

Introdução

O equipamento de ultrassom é comumente utilizado em protocolos de fisioterapia por suas propriedades térmicas e acústicas que auxiliam no tratamento de lesões de tecidos moles.

Em Fisioterapia, três técnicas básicas são utilizadas

para aplicação de terapia com transdutor de ultrassom [1, 2, 3]:

Contato direto, em que o transdutor está posicionado diretamente sobre o tecido a ser irradiado, utilizando gel como um meio de acoplamento [1];

Bolsa de água, que utiliza uma luva de látex preenchida de água sobre a área irradiada, também usando o gel condutor como um meio de acoplamento [2], geralmente utilizada para terapia em áreas irregulares; e, **Método de imersão**, usada para terapia em áreas irregulares e de pequeno tamanho. O tecido é imerso em um recipiente com água. O tamanho do recipiente é proporcional à estrutura a ser irradiada. O transdutor está imerso e posicionado perpendicularmente à área de tratamento sem distância específica [1, 3].

Embora sejam técnicas descritas na literatura há muitos anos, são necessários mais estudos para comprovar se há diferença na efetividade entre as mesmas.

As frequências comumente utilizadas em protocolos de tratamento são 1 e 3 MHz. A frequência de 1 MHz é usual com o objetivo de atingir tecidos mais profundos, enquanto a frequência de 3 MHz é usada para tratamentos estéticos e tecidos superficiais.

O presente estudo buscou avaliar e comparar o padrão de aquecimento gerado por ultrassom terapêutico utilizando as técnicas de imersão e contato direto em um *phantom* que mimetiza as propriedades acústicas do tecido adiposo confeccionado à base de silicone [4].

Materiais e Métodos

O presente estudo consistiu das seguintes etapas de

Confecção do *phantom* em um calorímetro e aquisição de dados de temperatura nos dois métodos utilizados (contato direto e subaquático) e avaliação dos resultados.

A) Confecção do *Phantom*

Foi utilizado um calorímetro de alumínio cilíndrico (Ø interno 46,50 mm, Ø externo 50,81 mm e comprimento 59,18 mm) contendo um *phantom* de silicone e quatro termopares (tipo J, com precisão de $\pm 2,2^\circ\text{C}$ [5]), onde o sensor do termopar foi posicionado de forma a coincidir no centro do eixo de propagação do feixe ultrassônico [6]. Os termopares foram fixados longitudinalmente e distantes de 10 mm entre si

(Figura1). Para este estudo, foi analisada somente a temperatura do termopar mais superficial, ou seja, aquele distante da superfície do phantom em 10 mm.

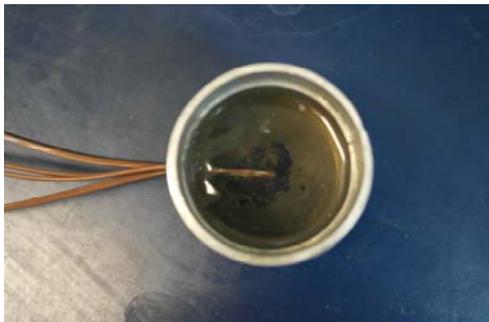


Figura1: Calorímetro com o *Phantom*.

B) Aquisição dos dados de temperatura

Contato direto: O calorímetro foi posicionado sobre uma placa absorvedora de energia ultrassônica (Aptflex). O transdutor foi posicionado com sua face em contato com a parte central do *Phantom* e utilizado um gel como meio condutor (Figura 2).

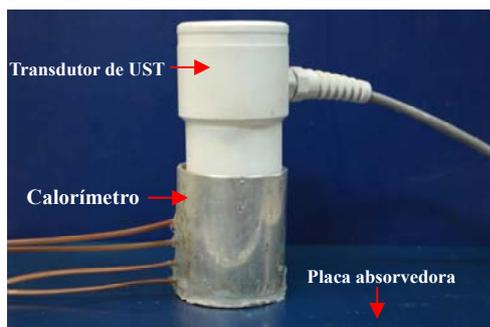


Figura 2: Montagem experimental para a técnica de contato direto.

Imersão: Foi utilizado um tanque acústico (de dimensões AxLxP: 20,5x50x20cm), placa absorvedora posicionada sob o calorímetro, transdutor posicionado com a superfície metálica em contato direto com a superfície do *phantom* como pode ser visto na Figura 3.

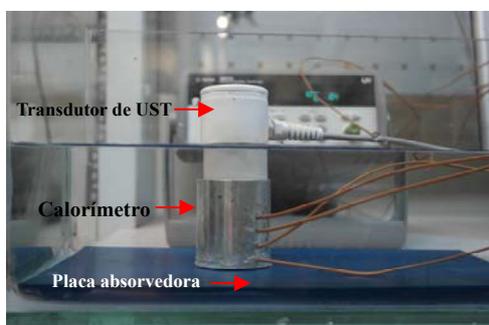


Figura 3: Montagem experimental para a técnica de imersão.

Para ambos os métodos foi utilizado um

equipamento de aquisição de temperatura (34972A, Agilent) controlada pelo software em Matlab e um equipamento de ultrassom terapêutico (*Avatar III*, KLD TUS0203). O protocolo utilizado: modo contínuo, frequência de 1MHz, intensidade efetiva de $1,22 \text{ W/cm}^2$ e duração de 180 segundos (3 minutos). Em ambas técnicas foi empregada a técnica estática, onde não há movimentação do transdutor.

Os valores nominais das ERA e intensidade (fornecidas pelo fabricante) são, respectivamente, $5,0 \text{ cm}^2$ e $0,7 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$ e os valores estimados da ERA e da intensidade medidos no laboratório são $3,33 \text{ cm}^2$ e $1,22 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$, respectivamente. A potência acústica foi medida na balança de força de radiação (*UPM-DT-1*, Ohmic Instruments) e a ERA foi estimada por mapeamento do campo acústico por hidrofone de agulha de diâmetro 0,5mm (*Needle*, Precision Acoustics).

O tempo total de aquisição foi de 700s, aproximadamente, onde foram observadas as temperaturas antes, durante e após a irradiação. Foram realizadas 5 medições para cada técnica, e entre as medições houve uma pausa de 10 minutos para que a temperatura do phantom retornasse à linha de base.

Os dados foram posteriormente analisados em planilha Excel®.

Resultados

Os valores coletados neste estudo são observados na Tabela 1 para a técnica de contato direto e na Tabela 2 para a técnica de imersão. A figura 4 mostra o comportamento da temperatura ao longo do tempo das duas técnicas.

Tabela 1: Valores coletados nas 5 (cinco) medições na técnica de contato direto. São apresentados os valores mínimos (T_{\min}), máximos (T_{\max}), de variação de temperatura (ΔT) e suas médias de temperatura [$^{\circ}\text{C}$].

	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	Médias
T Mín	23,8	25,6	24,5	23,9	24,1	24,4
T Máx	58,6	57	56,6	52,1	55,1	55,9
T Méd	36,7	37,0	36,0	34,4	35,3	35,9
ΔT	34,8	31,4	32,1	28,2	31,0	31,5

Tabela 2: Valores coletados nas 5 (cinco) medições na técnica de imersão. São apresentados os valores mínimos (T_{\min}), máximos (T_{\max}), de variação de temperatura (ΔT) e suas médias de temperatura [$^{\circ}\text{C}$].

	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	Médias
T Mín	21,6	22,0	22,2	22,5	23,1	22,3
T Máx	51,7	54,9	51,9	54,9	51,1	52,9
T Méd	32,5	33,8	32,8	33,7	33,2	33,2
ΔT	30,1	32,9	29,6	32,4	27,1	30,6

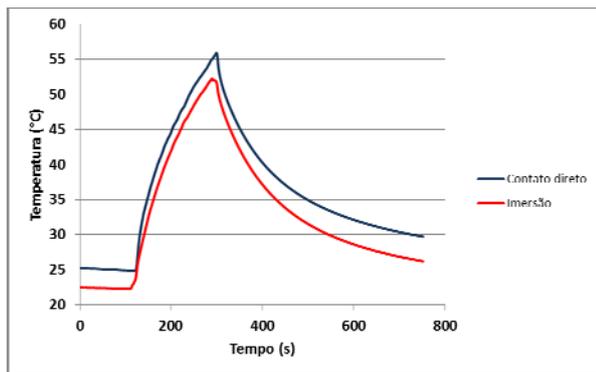


Figura 4: Curvas de temperatura [°C] ao longo do tempo [s] nas técnicas de contato direto e imersão, no termopar posicionado a 10mm de profundidade no *phantom*.

Discussão

O presente estudo avaliou a variação de temperatura gerada por duas técnicas de aplicação da terapia ultrassônica comumente utilizada em terapia, empregando-se o mesmo protocolo de irradiação. O aquecimento foi considerado como a variação de temperatura no *phantom* (temperatura máxima menos a temperatura mínima). A média de aquecimento das 5 medições para cada técnica foi de $31,5 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$ para a técnica de contato direto e de $30,6 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ para a técnica de imersão. Comparando-se a variação de temperatura (ΔT) entre as técnicas de contato direto e imersão foi observada uma diferença no aquecimento de até $6,9^{\circ}\text{C}$. Embora tenha sido observada esta diferença, são necessários um maior número de repetições e a aplicação um teste estatístico para se afirmar se houve uma diferença significativa entre as duas técnicas.

Em alguns experimentos foi observado que a irradiação ultrassônica iniciava-se enquanto a temperatura da água decrescia. Não se sabe o quanto essa contribuição de calor da água interferiu nos resultados finais deste estudo.

Por ter sido utilizado protocolo estático, optou-se por usar um menor tempo de irradiação (3 minutos) incomum em terapia (em geral usa-se de 5 a 10 minutos) uma vez que na terapia é realizada movimentação do transdutor a fim de se evitar pontos quentes (*hot spots*), minimizando o aquecimento.

Para o protocolo empregado (intensidade efetiva de $1,22\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ e tempo de 180 segundos em modo contínuo), foi observado um aquecimento vigoroso, com aumento de temperatura de pelo menos, 27°C . Na literatura, alguns autores consideram que uma variação de temperatura a partir de 1°C já promoveria alguns efeitos fisiológicos terapêuticos, tais como aumento na circulação sanguínea, relaxamento muscular, aumento na permeabilidade da membrana, aumento da resistência do tecido conjuntivo, redução da dor, aumento do metabolismo celular, aumento da temperatura [7].

Esse aumento excessivo observado nos resultados

pode ter ocorrido devido a ausência de simulação da perfusão sanguínea e da movimentação do transdutor, que são fatores importantes de resfriamento. Entretanto as paredes de alumínio do calorímetro simularam o resfriamento por condução para tecidos adjacentes como ocorrem em casos *in vivo*.

Conclusão

Nesse estudo foi possível observar que a técnica de contato direto produziu maior aquecimento do que a técnica de imersão, porém é necessário ter um maior tamanho amostral, para se comparar estatisticamente as duas técnicas. Pretende-se também realizar este estudo com movimentação do transdutor e analisar o aquecimento gerado na técnica de imersão em diferentes distâncias.

Agradecimentos

Ao CNPq, à CAPES e à FAPERJ pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] V.J. Robertson, A.R.Ward, "Limited interchangeability of methods of applying 1MHz ultrasound", Arch Phys Med Rehabil, vol 77, no. 4, pp. 379-84, April, 1996.
- [2] A. Bélanger. "Ultrasound therapy", Therapeutic electrophysical agents: evidence behind practice, Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2010, ch. 20, pp. 386-420.
- [3] A.R.Ward, V.J. Robertson, "Dosage factors for the subaqueous application of 1MHz ultrasound", Arch Phys Med Rehabil, vol 77, no 11, pp. 1167-72, November, 1996.
- [4] L. E. Maggi, "Caracterização das propriedades acústicas de novos materiais visando a confecção de Phantoms ultrassônicos," Ph.D. dissertation, Biomed. Eng. Program, Univ. Fed. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2011.
- [5] Revised Thermocouple Reference Tables: <http://www.thermometricscorp.com/PDFs/Thermocouple-Charts/Type-J-Thermocouple-Chart-C.pdf> (Acessado em 25/08/2014).
- [6] T. P. Omena, "Calorímetro diferencial com matriz linear de termopares para avaliação do aquecimento ao longo do feixe ultra-sônico gerado por equipamentos de fisioterapia", dissertation, Biomed. Eng. Program, Univ. Fed. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2009.
- [7] Draper DO, Prentice WE, "Ultra-som terapêutico". In Prentice, WE, Modalidades terapêuticas para fisioterapeutas, Editora Artmed, 2003.