



O uso do ultrassom fisioterapêutico é seguro para neuromodulação?

G A Costa-Pereira^{1*}, E Moreno²; M A von Krüger¹, W C A Pereira¹

¹ Programa de Engenharia Biomédica/ COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

² Instituto de Cibernética, Matemática y Física, ICIMAF, Havana, Cuba

**gisely.andrade22@gmail.com*

Introdução, Motivação e Objetivo. Segundo a Organização Mundial de Saúde, as doenças neurológicas atingem 1 bilhão de pessoas no mundo e a tendência é aumentar com o envelhecimento da população. O número de pessoas atingidas por doenças como acidente vascular encefálico, paralisia cerebral, demências, enxaquecas, depressão, Parkinson e Alzheimer tem crescido e as opções de tratamentos conservadoras e não farmacológicas são limitadas. Tratamentos têm sido desenvolvidos a fim de amenizar esta situação, hoje, por exemplo, a interação entre as microbolhas dissolvidas nos fluidos ou tecidos corporais e o ultrassom (US) tem sido utilizada para abrir a barreira hematoencefálica (BHE), proporcionando uma melhor entrega de drogas e outros agentes ao cérebro. Há outros tipos de intervenções utilizando o US, a saber, a obicodilação que visa a retirada de proteínas danosas agregadas ao cérebro e a neuromodulação que é realizada para alterar a atividade neural de modo a restaurar a função, aliviar os sintomas ou sondar a função dos circuitos cerebrais no comportamento (10.1038/nrneurol.2016.13). No entanto, o equipamento de ultrassom utilizado em tratamentos fisioterapêuticos, apesar de financeiramente acessível e comum nas clínicas de fisioterapia, ainda não foi explorado em estudos de neuromodulação por US. O presente trabalho tem o objetivo de detectar a variação da temperatura produzida por esse tipo de equipamento aplicado em neuromodulação. Utilizaram-se testes experimentais e simulação computacional com *phantoms* que mimetizam tecidos biológicos, a fim de proporcionar informações básicas para futuras pesquisas e propostas de intervenções terapêuticas seguras e acessíveis para as diversas disfunções neurológicas.

Métodos. Estudos de novos tratamentos realizam testes iniciais preferencialmente em modelo animal por motivo de segurança. O modelo adotado objetivou mimetizar a região de tratamento, o crânio de um rato que seria submetido à neuromodulação por US, dando base para futuras aplicações terapêuticas. O arranjo experimental constitui-se de um osso compacto sintético sobreposto a dois *phantoms* que mimetizam as propriedades acústicas médias dos tecidos biológicos moles (TMB) (10.1186/s40349-017-0086-y) repousados sobre uma placa absorvedora. O osso sintético e os *phantoms* TMB, têm formato de disco com 65 mm de diâmetro e espessura de 1 mm e 10 mm cada, respectivamente. Os *phantoms* foram irradiados pelo equipamento de US Avatar III da KLD a 1 MHz com intensidades nominais de 0,1; 0,5; 1; 1,5 e 2 W/cm². Ao transdutor acoplou-se uma peça que reduz a área de contato com a superfície de tratamento para 1,33 cm². Três termopares separados entre si por 5 mm e localizados entre os *phantoms* TMB foram conectados à placa de aquisição de dados (Hi-speed USB carrier/ Ni USB-9162) para a monitoração da temperatura durante a irradiação. Os dados coletados foram transmitidos ao computador e posteriormente processados no software Excel[®]. Os testes foram realizados 5 vezes em cada intensidade à temperatura ambiente de 24,0±0,5 °C. Os resultados a seguir são referentes ao termopar central que melhor expressa a alteração da temperatura no período de irradiação ultrassônica. Realizou-se também a simulação em COMSOL[®], seguindo o mesmo modelo, protocolos e as propriedades dos materiais utilizados nos experimentos citados acima.



Resultados. Os valores das temperaturas atingidas nos experimentos e simulação são apresentados na Tabela 1. A maior variação da temperatura no modelo experimental foi de 14,89 °C e na simulação foi de 0,72 °C.

Discussão e Conclusão. A temperatura no tecido vivo resulta dos processos metabólicos, fluxo sanguíneo e condução de calor pelo meio (www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0604376103). A temperatura corporal do rato varia entre 37,5 a 37,8 °C (<https://doi.org/10.1113/jphysiol.1932.sp002830>) e a distribuição de temperatura no cérebro de pequenos animais, como os ratos, é fortemente influenciada pela temperatura ambiente (10.1152/jappphysiol.00319.2006). Para condições ambientais normais e mudanças típicas no fluxo sanguíneo e consumo de oxigênio, a mudança de temperatura na superfície do cérebro pode atingir um máximo de 0,85 °C (<https://doi.org/10.1073/pnas.0604376103>). No entanto, o estudo (<http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9GRH7D>) demonstra a variação da temperatura cerebral em ratos, após a realização de exercícios físicos em diferentes intensidades, podendo o cérebro atingir a temperatura média entre 40,1 e 40,4 °C. Na simulação a variação máxima foi de 0,72 °C, sugerindo que todos os protocolos são seguros no aspecto térmico para a utilização do US em neuromodulação. Os resultados de variação da temperatura após a irradiação ultrassônica sobre os corpos de prova são bastante diferentes entre o modelo experimental e a simulação. No modelo experimental existe limitação quanto à absorção total da onda ultrassônica pela placa absorvedora contribuindo para o acúmulo de calor devido às reflexões entre as interfaces e também pela ausência de um sistema de regulação térmica que dissipe o calor, resultando em temperaturas mais elevadas do que as verificadas na simulação. Apesar disto, o modelo experimental indica a necessidade de cautela na escolha dos parâmetros intensidade e tempo, de forma a garantir a segurança da terapia por US sem danos teciduais devidos ao hiperaquecimento.

Tabela 1. Temperaturas atingidas nas diferentes intensidades no modelo experimental (média, desvio padrão, máxima e variação) e simulação computacional (máxima e variação)

		Temperatura (°C)				
		Modelo experimental			Simulação	
Intensidade (W/cm ²)	Média	Desvio Padrão	Máxima	Variação	Máxima	Variação
0,1	24,25	0,13	24,39	0,40	24,04	0,04
0,5	26,29	0,65	27,42	2,49	24,18	0,18
1,0	29,02	1,64	31,78	5,92	24,36	0,36
1,5	32,28	2,67	36,79	10,30	24,55	0,55
2,0	34,73	3,74	41,44	14,89	24,72	0,72

Agradecimento. Às agências de financiamento CAPES/PROEX, CNPq [311.650/2017-1] e FAPERJ [E-26/203.041/2015].

Palavras-chave. Neuromodulação; Ultrassom; Temperatura; Ratos; Doenças neurológicas.