

Função neuromuscular do bíceps braquial em contração isométrica após termoterapia

Neuromuscular function of brachial biceps in isometric contraction after thermotherapy

¹Fábio Gonçalves Guedes, ¹Maraline Cristina de Andrade, ¹Maycon Rodrigo Felício de Almeida, ¹Hícaro Felizardo Amorim, ¹João Eduardo Machado da Costa Antunes, ¹Josimar Bento Machado, ²Sílvia Regina Costa Dias

RESUMO

A alteração na temperatura de um tecido pode promover efeitos fisiológicos que levam a alterações circulatórias e nervosas, tais como vasodilatação e aumento na flexibilidade. **Objetivo:** Avaliar, através de uma avaliação neuromuscular não invasiva, como a termoterapia influencia na força muscular e nos sinais mioelétricos do bíceps braquial em contração isométrica. **Métodos:** Dezesete voluntários foram orientados a fazer contração isométrica do músculo bíceps braquial concomitantemente com a eletromiografia de superfície. A avaliação eletromiográfica e de força foram realizadas antes e após a intervenção com recursos termoterapêuticos: gelo (15 minutos) e ultrassom contínuo (1MHz, 0.8W/cm², 7 minutos). **Resultados:** Mostraram que as mulheres possuem menos força e ativam menos unidades motoras. No entanto, a frequência de disparos elétricos nas vias eferentes é maior, o que indica maior propensão à fadiga. Após a aplicação do calor, não foram observadas diferenças na resposta neuromuscular do bíceps braquial em contração. Já a crioterapia, promoveu redução significativa na força e no número de unidades motoras ativadas durante a contração. O resfriamento do tecido muscular promove a diminuição da ação das fibras musculares, uma vez que há redução da velocidade da condução do impulso nervoso e do reflexo do arco miotático. Além disso, a crioterapia também diminui a sensibilidade dos órgãos tendinosos de Golgi, aumenta a viscosidade sanguínea, provoca a vasoconstrição. Todos estes fatores, somam-se para culminar na diminuição da ativação neuromuscular e, conseqüentemente, na redução da força do músculo.

Palavras-chave: Eletromiografia, Terapia por Ultrassom, Crioterapia, Força Muscular

ABSTRACT

The change in temperature of a biological tissue can promote physiological effects that lead to circulatory and nerve changes, such as vasodilation and increased flexibility. **Objective:** The objective of this study was to evaluate, through a noninvasive neuromuscular assessment, how thermotherapy influences the muscular strength and the myoelectric signals of the biceps brachial in isometric contraction. **Methods:** Seventeen volunteers were instructed to perform isometric contraction of the brachial biceps muscle concomitantly with surface electromyography. Electromyographic and force evaluation were performed before and after the intervention with thermotherapeutic resources that consisted of ice therapy for 15 minutes and continuous ultrasound (1MHz, 0.8W/cm²) for 7 minutes. **Results:** Women have less strength and fewer motor units. However, the frequency of electric inputs of the effector pathways is higher, which indicates a greater propensity to fatigue. After the application of heat, no differences were observed in the neuromuscular response of the contracting brachial biceps. The cryotherapy, however, promoted a significant reduction in the strength and number of motor units activated during the contraction. **Conclusion:** The cooling of muscle tissue promotes a decrease of muscle fibers activities, since there is a reduction in the velocity of nerve impulse conduction and the reflex of the myotatic arch. In addition, cryotherapy also decreases the sensitivity of the Golgi tendon organs, increases blood viscosity, and causes vasoconstriction. All these factors are combined to culminate in the decrease of neuromuscular activation and, consequently, in the reduction of muscle strength.

Keywords: Electromyography, Ultrasonic Therapy, Cryotherapy, Muscle Strength

¹ Curso de Fisioterapia, Centro Universitário Estácio Juiz de Fora.

² Professora, Centro Universitário Estácio Juiz de Fora.

Endereço para correspondência:
Sílvia Regina Costa Dias
Av. Pres. João Goulart, 600
CEP 36030-142
Juiz de Fora – MG
E-mail: silviarcostas@yahoo.com.br

Recebido em 07 de Janeiro de 2018.

Aceito em 23 Abril de 2018.

DOI: 10.5935/0104-7795.20170035

INTRODUÇÃO

Na prática clínica em Fisioterapia, vários são os recursos eletroterapêuticos e termoterapêuticos utilizados na reabilitação de distúrbios do sistema musculoesquelético. A termoterapia é uma modalidade terapêutica que pode atuar diretamente nestes dispositivos neurais e, especificamente, na velocidade da condução nervosa. Nela, a ampla utilização do calor e do frio como recursos terapêuticos está associada ao amplo espectro de sinais, sintomas e modalidades terapêuticas, assim como também o fácil acesso e baixo custo, tanto no tratamento imediato quanto a médio e longo prazo.^{1,2}

A terapia pelo calor ou frio têm implicações no tratamento de lesões articulares e músculo esqueléticas e são sistematicamente empregadas para aliviar a dor músculo esquelética. Felice & Santana definem a aplicação de calor como procedimento terapêutico que pode ser usada por convecção, condução ou radiação, cujos efeitos resultam no aumento da atividade metabólica de tecidos, vasodilatação, diminuição da rigidez articular, entre outras. O ultrassom terapêutico, em frequência entre 1 a 3 MHz, está entre os métodos de aplicação de calor mais utilizados no tratamento de lesões.³ Quando o ultrassom é aplicado, seu feixe se propaga podendo atingir até quatro camadas de tecidos: pele, hipoderme (gordura), músculo e osso.⁴ Para efeitos em tecidos profundos, utiliza-se o ultrassom contínuo; para tecidos superficiais, o ultrassom pulsado.³ Por sua vez, a crioterapia consiste na utilização de gelo em caráter terapêutico e tem como objetivo reduzir a atividade metabólica, o fluxo sanguíneo, o edema, além de promover alívio de dor.⁴⁻⁸

A eletromiografia (EMG) de superfície tem sido muito utilizada em aplicações clínicas e em pesquisas de diversas áreas de interesse, incluindo a fisioterapia, sendo utilizada como um importante método de avaliação neuromuscular não invasivo, tendo destaque em vários campos distintos como ciências do esporte, neurofisiologia e reabilitação.⁹ Propriedades anatômicas e fisiológicas do tecido muscular, bem como a aplicação de recursos terapêuticos, podem interferir no controle do sistema nervoso periférico e, conseqüentemente, no sinal eletromiográfico.¹⁰

OBJETIVO

Considerando que a força muscular é um parâmetro importante para diagnosticar a

etiologia de doença e para definir e acompanhar estratégias de reabilitação, este trabalho teve como objetivo avaliar como crioterapia e o calor podem interferir na força muscular do bíceps braquial, considerando parâmetros clínicos e atividade eletromiográfica de superfície.

METODO

O estudo foi realizado com dezessete voluntários jovens, nove homens e oito mulheres. Todos declararam ter boa saúde, não exercer atividade física regular, bem como não utilizar qualquer substância farmacológica que potencializasse a atividade muscular. Ainda como critério de inclusão, nenhum voluntário declarou ter histórico de lesão musculoesquelética e/ou cirurgia em membros superiores.

Antes da realização dos procedimentos, todos os indivíduos foram orientados a se manter sentados, em repouso, por cerca de dez minutos, a fim de estabilizar a frequência cardíaca (FC) e a pressão arterial (PA). Decorrido este tempo, os voluntários foram avaliados quanto aos parâmetros físicos: estatura (estadiômetro – Welmy, São Paulo, Brasil); massa corporal total (MCT), através de balança analítica calibrada; perímetria de ambos membros superiores (ponto médio entre o acrômio e o olecrano), na condição relaxado e contraído; além das dobras cutâneas do bíceps e tríceps (adipômetro – Sanny). Todos foram submetidos a avaliação através de balança de controle corporal (bioimpedância) (Omron Healthcare, São Paulo, Brasil).

Termoterapia

Neste trabalho, cada voluntário serviu como seu próprio controle e todos foram submetidos ao uso da crioterapia e ultrassom contínuo, com intervalo de 7-10 dias entre cada teste. Todas as avaliações clínicas descritas acima foram realizadas antes de cada terapia. Com relação ao ponto da musculatura flexora do cotovelo avaliada, definiu-se a área sobre os ventres musculares do músculo bíceps braquial em uma linha média entre o acrômio e a fossa cubital do membro dominante. Este posicionamento seguiu recomendação do projeto SENIAM (projeto Biomedical Health and Research Program da União Européia de estudos em Surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles).

Para avaliar o efeito do frio (crioterapia), os voluntários foram submetidos a aplicação do gelo triturado (1000 g), envolvido em

tecido fino de algodão, tipo fralda (60x60 cm), no formato de “panqueca”, fixada no membro através de uma atadura não elástica de algodão, de vinte centímetros de largura. O resfriamento foi mantido por 15 minutos, com o indivíduo sentado com o braço estendido, paralelo ao tronco, em repouso. Para avaliar o efeito do calor, os voluntários foram submetidos a aplicação de ultrassom contínuo (Sonopulse III, Ibramed, Brasil), ajustado na frequência de 1 MHz (dose 0,8 W/cm²), durante 7 minutos, em movimentos circulares, com o indivíduo parado e sentado com o braço ao longo da cadeira.

Após a aplicação do gelo ou do ultrassom, a perímetria de ambos membros superiores, na condição relaxado e contraído e as dobras cutâneas foram aferidas novamente, tanto do lado dominante quanto do membro contralateral.

Teste de força

Para avaliar a força do músculo bíceps braquial, o voluntário pôs-se sentado, na posição ereta, ao lado de aparato inelástico ligado a um dinamômetro, de forma a manter o cotovelo em 90° (com ou sem adaptações de altura). O voluntário foi instruído a não sustentar o movimento com o ombro durante a flexão. Após comando verbal do avaliador, o indivíduo iniciou contração isométrica de flexão de cotovelo com supinação. O término da contração se deu sob a ordem do avaliador, num tempo máximo de dez segundos, ou no caso de dor/fadiga muscular. O avaliador manteve incentivo verbal durante todo o tempo de execução do movimento. Ao final, avaliou-se o valor da força empregada no dinamômetro (em kgf).

Avaliação eletromiográfica (EMG)

A avaliação eletromiográfica foi realizada utilizando o eletromiógrafo de superfície EMG 830 C (EMG System, São Paulo, Brasil), antes e depois da termoterapia, durante o teste de força. Foram utilizados eletrodos de espuma, gel aderente e condutor em Ag/AgCl, com 3,6 cm de diâmetro (3M). Foi mantida a distância entre eletrodos de 1 cm. A região foi devidamente preparada através de limpeza da área com solução de álcool 70° e gaze, sob fricção, em movimentos repetitivos até provocar hiperemia local. Os eletrodos foram posicionados sobre os ventres do músculo bíceps braquial e o eletrodo de referência foi posicionado no processo espinhoso de C7 (de acordo com instruções do SENIAM). Foi avaliado um período de 10 segundos para cada avaliação.

Os resultados foram colhidos segundo os valores médios da raiz quadrática média (RMS) dada pelo aparelho por um período pré-determinado de 10". A análise de fadiga foi realizada através da determinação da mediana, também dada pelo aparelho.

Análise estatística

Para avaliação de dados, foi realizada análise descritiva (média e desvio-padrão). O teste T foi realizado para comparar as médias dos valores fisiológico do indivíduo, após crioterapia e após ultrassom de todos os parâmetros avaliados. Além deste, para análise inferencial, realizou-se o teste de correlação de Pearson, que mede a intensidade da correlação linear entre as médias para dois parâmetros (variáveis). Nela, considera-se como correlação positiva, quando uma variável aumenta e a outra aumenta também; e correlação negativa, quando uma variável aumenta e a outra diminui. Valores acima de 0,7 indicam forte correlação; entre 0,3 e 0,7, indicam correlação moderada; e, abaixo de 0,3, fraca correlação. Foi avaliado também se há correlação entre os parâmetros aferidos com o sexo (masculino/feminino) e, para isso, utilizou-se do teste ANOVA, onde o grau de significância do teste indica a rejeição ou aceitação de que as médias entre os grupos são iguais. Caso seja rejeitada, é indicada uma diferença significativa entre as médias dos grupos em comparação.

Os dados foram tratados nos programas Graph Pad Prism e SPSS. Os dados tratados brutos bem como o resumo descritivo foram organizados em planilha do programa Excel.

Este trabalho foi registrado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do CONEP, através do número nº 54831816.2.0000.5139. Todos os indivíduos leram e assinaram um termo de consentimento (TCLE), segundo a resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra a caracterização clínica dos 17 voluntários deste estudo. Foram 9 homens e 8 mulheres, sendo a média de idade do grupo de 22,53 + 3,78 anos. Com relação aos dados antropométricos, observamos que o grupo de voluntários do sexo masculino apresentaram alto valor de IMC (27,02), bem como o IAC (26,4%), ambos correspondendo ao quadro clínico de sobrepeso (26,4%).

Para caracterizar outros parâmetros físicos e metabólicos dos voluntários, foi realizado o

Tabela 1. Caracterização clínica dos voluntários incluídos no estudo

Voluntário	Sexo	M. dominante	Idade	FC (bpm)	Peso (kg)	Altura (m)	Quadril (cm)	IAC (%)	IMC
1	M	D	24	74,0	66,8	1,70	94,50	24,63	23,11
2	M	D	20	76,0	94,8	1,83	106,50	25,02	28,29
3	M	D	30	78,0	74,5	1,74	98,25	24,99	24,75
4	M	D	21	75,0	71,0	1,76	99,25	24,51	22,92
5	M	D	18	77,0	112,0	1,79	117,50	31,06	34,94
6	M	E	27	69,0	83,5	1,68	106,25	30,79	29,58
7	M	E	20	80,0	99,2	1,76	109	28,68	32,02
8	M	D	24	76,5	73,8	1,75	99,5	24,98	24,08
9	M	D	23	77,5	67,8	1,70	91,25	23,17	23,44
Média			23,00	75,89	82,58	1,75	102,44	26,43	27,02
10	F	D	20	71,5	74,8	1,56	104,75	35,76	30,72
11	F	D	31	82,0	46,8	1,57	85,00	25,21	18,97
12	F	D	22	77,5	54,7	1,53	96,00	32,98	23,50
13	F	D	20	74,5	52,0	1,60	87,00	24,99	20,31
14	F	D	22	74,0	62,8	1,69	100,00	27,52	21,97
15	F	D	18	84,5	74,0	1,60	102,5	32,65	28,91
16	F	D	23	84,5	68,2	1,66	105,25	31,21	24,73
17	F	D	20	84,0	61,0	1,58	101	33,10	24,59
Média			22,00	79,06	61,76	1,60	97,69	30,43	24,21
Média (geral)			22,53	77,38	72,78	1,68	100,21	28,31	25,70
SD (geral)			3,78	4,46	16,96	0,09	8,09	3,95	4,34

M – sexo masculino; F – sexo feminino; D – membro superior direito; E – membro superior esquerdo; FC – frequência cardíaca; IAC – índice de adiposidade corporal; IMC – índice de massa corporal

exame de bioimpedância (Tabela 2). Neste exame, os voluntários apresentaram idade corporal (37,24 + 14,20) bem acima da idade "cronológica" (22,53 + 3,78). Na Tabela 3 mostra a correlação destes mesmos parâmetros com o sexo. Nela, merece destaque o maior percentual de gordura visceral e músculo esquelético que estão fortemente correlacionadas ao sexo masculino ($p = 0,006$, $F = 10,431$ e $p = 0,000$, $F = 63,024$, respectivamente), ao contrário da gordura corporal, que é maior no sexo feminino ($p = 0,001$, $F = 16,592$).

Ainda na tabela 3 é possível ver que os homens apresentaram maior perimetria dos membros, se comparados às mulheres ($p < 0,05$). No entanto, para ambos sexos, não foram observadas diferenças na medida dos membros dominante e contralateral. As mulheres apresentaram maior medida de dobras cutâneas em ambos os membros (Tabela 3).

No membro dominante, os homens têm força significativamente maior do que as mulheres ($p = 0,00$) (Tabela 3). Na eletromiografia, de acordo com o valor de RMS, este resultado justifica-se pelo fato de homens ativarem cerca de 80% mais unidades motoras do que as mulheres ($p = 0,026$). A Tabela 3 mostra ainda que, apesar de ativarem menos unidades motoras, o sinal que chega até elas

(frequência de disparos) é significativamente maior nas mulheres ($p = 0,034$).

Considerando a amostra estudada, a Tabela 4 mostra que a força do músculo bíceps braquial, avaliada pela eletromiografia de superfície, sofre interferência significativa dos seguintes parâmetros: gordura visceral ($p = 0,015$), gordura corporal ($p = 0,018$), músculo esquelético ($p = 0,001$), IAC ($p = 0,053$), peso ($p = 0,003$), dobra cutânea do tríceps ($p = 0,026$) e bíceps braquial ($p = 0,055$). O percentual de gordura corporal e músculo esquelético aferidos através da bioimpedância também interferem nos valores de RMS e mediana, assim como a força ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Após a aplicação do recurso termoterapêutico (gelo ou ultrassom), não foram observadas diferenças na perimetria do membro dominante e contralateral, assim como nas dobras cutâneas (dados não mostrados). Os dados de força, RMS e mediana coletados após a termoterapia (Tabela 5). Com estes dados, é possível observar que a aplicação do ultrassom contínuo a 1 MHz, 0,8 w/cm², durante 7 min, não interferiu em nenhum dos parâmetros avaliados. No entanto, a aplicação de gelo sobre o músculo bíceps braquial reduz a força muscular ($p < 0,01$) e o número de unidades

Tabela 2. Exame de bioimpedância dos voluntários incluídos no estudo

Voluntário	Sexo	Peso	IMC	Gord. Visc. (%)	Gord. Corp. (%)	Metabolismo basal	Músculo esquelético	Idade corporal
1	M	66,50	22,90	5,50	19,90	1606,00	40,30	24,5
3	M	94,70	28,25	9,50	27,40	1982,50	35,80	55
4	M	74,40	24,70	7,00	23,25	1693,00	37,65	37,5
5	M	71,10	22,95	5,00	19,60	1646,00	41,20	27,5
6	M	111,95	34,90	13,50	29,60	2219,50	34,60	68,5
11	M	82,40	29,15	11,50	29,10	1821,50	35,35	46
14	M	96,70	31,20	12,00	28,60	2023,00	35,55	56,5
16	M	73,30	23,50	6,00	23,35	1679,00	37,65	34,5
17	M	67,80	23,45	5,00	13,35	1651,00	44,90	23
Média		82,09	26,78	8,33	23,79	1813,50	38,11	41,4
7	F	73,95	33,50	6,00	46,75	1386,50	22,90	48,5
8	F	47,60	19,30	3,00	23,10	1153,50	31,60	21,5
9	F	55,30	23,75	5,00	38,75	1205,50	23,70	34,5
10	F	51,45	20,10	3,00	31,25	1227,50	24,80	18
2	F	62,75	21,85	3,00	31,40	1358,00	28,85	22,0
12	F	73,30	28,65	5,00	42,05	1410,00	25,50	42,5
13	F	71,90	26,10	5,00	42,00	1422,00	24,10	38
15	F	61,20	24,70	4,50	39,50	1277,50	24,60	35
Média		62,18	24,74	4,31	36,85	1305,06	25,76	32,5
Média (geral)		72,72	25,82	6,44	29,94	1574,24	32,30	37,2
SD (geral)		16,55	4,48	3,23	9,27	309,85	7,07	14,2

M – sexo masculino; F – sexo feminino; IMC – índice de massa corporal

Tabela 3. Teste ANOVA de correlação entre sexo (masculino/feminino) e os parâmetros clínicos e físicos avaliados, além da força e parâmetros eletromiográficos (RMS e mediana) do membro dominante

	Média masculino	Média feminino	F	P
Idade corporal	41,44	32,50	1,761	,204
Gordura visceral	8,33	4,31	10,431	,006*
Gordura corporal	23,79	36,85	16,592	,001*
Músculo esquelético	38,11	25,76	63,024	,000*
IAC	26,43	30,43	5,587	,032*
IMC	27,01	24,21	1,863	,192
Peso	82,60	61,79	9,943	,007*
Idade	23,00	22,00	0,284	,602
Perímetro dominante relaxado (mm)	32,89	27,86	7,336	,017*
Perímetro dominante contraído (mm)	34,44	28,57	12,039	,004*
Dobra tríceps dominante (mm)	16,04	20,70	5,568	,032*
Dobra bíceps dominante (mm)	7,78	11,03	3,436	,084
Força (kgf)	3,06	1,55	32,674	,000
RMS	1014,76	553,48	6,109	,026
Mediana	76,15	113,66	5,431	,034

Os dados de idade corporal, gordura visceral e corporal e músculo esquelético foram obtidos por bioimpedância. RMS = root mean square. F = variância entre os grupos / variância dentro dos grupos. * p < 0,05. n=17 (9 masculino e 8 feminino).

motoras ativadas, dadas pelo valor de RMS (p = 0,05). Sobre o RMS, cabe destacar que, nos indivíduos do sexo masculino, o gelo reduz em 41% a ativação das unidades motoras,

enquanto, no sexo feminino, essa redução é de apenas 5%. Apesar disso, a aplicação de gelo não altera a velocidade de condução do potencial de ação nas células musculares do

bíceps braquial, dada pela mediana (Tabela 5).

DISCUSSÃO

Neste trabalho avaliamos se recursos termoterapêuticos amplamente utilizados, gelo e ultrassom, interferem na força da musculatura flexora de cotovelo e, através de testes de correlações, quais fatores podem interferir com a atividade neuromuscular, dada pela EMG de superfície. A EMG é uma técnica de avaliação não invasiva, aplicada nas avaliações fisioterapêuticas, que avalia a atividade elétrica das unidades motoras e das fibras de músculos esqueléticos.^{9,10}

A amostra de voluntários mostrou forte correlação entre a maior porcentagem de gordura visceral e músculo esquelético nos homens, que, pelos parâmetros de IMC e IAC, ficaram classificados clinicamente como indivíduos com sobrepeso. No que diz respeito à gordura corporal, foi observado que este parâmetro está fortemente correlacionado ao sexo feminino e isso pôde ser medido através das maiores medidas das dobras cutâneas. Quando comparamos a atividade eletromiográfica entre homens e mulheres observamos que, em contração isométrica, as mulheres têm menos força no bíceps braquial. Este fato pode ser explicado pela ativação de menor número de unidades motoras (UM), mas, no entanto, os valores obtidos pela mediana mostram que a frequência dos disparos em cada fibra muscular foi maior, deixando-as mais propensas à fadiga.¹¹

Estes resultados e diferenças entre os gêneros podem ser explicados pela constituição corporal dos indivíduos do sexo masculino, que, em relação às mulheres, têm maior perímetro do membro dominante, possuem um 68% mais músculo esquelético e 55% menos gordura corporal (cirtometria, bioimpedância e dobras cutâneas). Os resultados obtidos nos nossos testes de correlação (Tabela 5) concordam com a literatura, que mostra que a leitura eletromiográfica é determinada não apenas pelo número de fibras musculares e UM, mas também pela espessura da camada de tecido adiposo, que prejudica a captação dos sinais elétricos.¹²⁻¹⁴

O ultrassom contínuo é uma terapia utilizada a fim de promover calor tecidual e, consequentemente, vasodilatação, aumento de atividade enzimática, maior extensibilidade do colágeno e velocidade de condução nervosa, melhorando a atividade contrátil do músculo esquelético.¹⁵⁻¹⁹ Muito se discute a respeito da determinação de parâmetros relacionados à dose de aplicação. A literatura traz

Tabela 4. Teste de correlação de Pearson para os parâmetros clínicos e de força e eletromiografia do membro dominante

		Idade corporal	Gordura visceral	Gordura corporal	Músculo esquelético	IAC	IMC	Peso	Idade	Per. Relax.	Per. Confr.	Dobra Tríceps	Dobra Bíceps	Força	RMS	Mediana
Idade Corporal	Cor. Pearson	1	,875**	,318	-,036	,481	,949**	,894**	-,385	,445	-,063	,379	,379	,428	-,019	-,183
	Sig. (bilateral)	#	,000	,214	,892	,051	,000	,000	,127	,073	,810	,134	,133	,087	,944	,482
Gordura Visceral	Cor. Pearson	,875**	1	-,071	,317	,171	,858**	,923**	-,171	,327	-,253	,107	,189	,580*	,115	-,338
	Sig. (bilateral)	,000	#	,787	,216	,511	,000	,000	,511	,200	,328	,684	,467	,015	,661	,184
Gordura Corporal	Cor. Pearson	,318	-,071	1	-,923**	,897**	,316	-,045	-,431	,456	,264	,869**	,806**	-,567*	-,492*	,486*
	Sig. (bilateral)	,214	,787	#	,000	,000	,217	,864	,084	,066	,306	,000	,000	,018	,045	,048
Músculo Esquelético	Cor. Pearson	-,036	,317	-,923**	1	-,739**	-,001	,333	,299	-,308	-,258	-,756**	-,685**	,747**	,580*	-,565*
	Sig. (bilateral)	,892	,216	,000	#	,001	,996	,192	,244	,230	,317	,000	,002	,001	,015	,018
IAC	Cor. Pearson	,481	,171	,897**	-,739**	1	,524*	,131	-,397	,326	,165	,853**	,841**	-,477	-,446	,381
	Sig. (bilateral)	,051	,511	,000	,001	#	,031	,616	,114	,201	,527	,000	,000	,053	,073	,132
IMC	Cor. Pearson	,949**	,858**	,316	-,001	,524*	1	,894**	-,467	,470	-,104	,417	,443	,362	,006	-,129
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,217	,996	,031	#	,000	,059	,057	,691	,096	,075	,153	,980	,622
Peso	Cor. Pearson	,894**	,923**	-,045	,333	,131	,894**	1	-,373	,344	-,212	,092	,093	,681**	,230	-,343
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,864	,192	,616	,000	#	,141	,177	,415	,725	,723	,003	,374	,177
Idade	Cor. Pearson	-,385	-,171	-,431	,299	-,397	-,467	-,373	1	-,314	,262	-,322	-,243	-,090	,042	-,325
	Sig. (bilateral)	,127	,511	,084	,244	,114	,059	,141	#	,220	,309	,208	,347	,732	,874	,204
Perímetro relaxado	Cor. Pearson	,445	,327	,456	-,308	,326	,470	,344	-,314	1	,131	,323	,456	,149	-,189	,094
	Sig. (bilateral)	,073	,200	,066	,230	,201	,057	,177	,220	#	,615	,206	,066	,568	,468	,719
Perímetro contraído	Cor. Pearson	-,063	-,253	,264	-,258	,165	-,104	-,212	,262	,131	1	,132	,195	-,182	,110	-,031
	Sig. (bilateral)	,810	,328	,306	,317	,527	,691	,415	,309	,615	#	,614	,454	,485	,674	,906
Dobra tríceps	Cor. Pearson	,379	,107	,869**	-,756**	,853**	,417	,092	-,322	,323	,132	1	,904**	-,538*	-,490*	,298
	Sig. (bilateral)	,134	,684	,000	,000	,000	,096	,725	,208	,206	,614	#	,000	,026	,046	,245
Dobra bíceps	Cor. Pearson	,379	,189	,806**	-,685**	,841**	,443	,093	-,243	,456	,195	,904**	1	-,474	-,353	,304
	Sig. (bilateral)	,133	,467	,000	,002	,000	,075	,723	,347	,066	,454	,000	#	,055	,164	,235
Força	Cor. Pearson	,428	,580*	-,567*	,747**	-,477	,362	,681**	-,090	,149	-,182	-,538*	-,474	1	,527*	-,521*
	Sig. (bilateral)	,087	,015	,018	,001	,053	,153	,003	,732	,568	,485	,026	,055	#	,030	,032
RMS	Cor. Pearson	-,019	,115	-,492*	,580*	-,446	,006	,230	,042	-,189	,110	-,490*	-,353	,527*	1	-,417
	Sig. (bilateral)	,944	,661	,045	,015	,073	,980	,374	,874	,468	,674	,046	,164	,030	#	,096
Mediana	Cor. Pearson	-,183	-,338	,486*	-,565*	,381	-,129	-,343	-,325	,094	-,031	,298	,304	-,521*	-,417	1
	Sig. (bilateral)	,482	,184	,048	,018	,132	,622	,177	,204	,719	,906	,245	,235	,032	,096	#

Os dados de idade corporal, gordura visceral e corporal e músculo esquelético foram obtidos por bioimpedância. * $p < 0,05$. ** $p < 0,01$. $n=17$.

muitos artigos que discutem vários protocolos distintos, o que dificulta relacionar os parâmetros de tratamento com os resultados clínicos.²⁰⁻²³ No entanto, sabe-se que o aumento de 2° C no tecido corresponde a um aumento de 20% na velocidade de contração do tecido muscular.¹⁷ Cabe destacar que, quanto maior a frequência, maior será a absorção das ondas de ultrassom²⁴⁻²⁷ e que, para que o US terapêutico produza o efeito térmico desejado, é necessário que o tecido seja aquecido a 40-45° C por, no mínimo, 5 minutos.^{6,28-30,31} Neste sentido, Gallo et al.³² descreveram o aumento de

2,8° + 0,8° C no músculo gastrocnêmio (3 MHz, 1.0 W/cm², por 10 minutos), o que não seria suficiente para observarmos algum efeito térmico. Neste trabalho não observamos nenhuma alteração nos parâmetros avaliados relacionados à força, mantendo-se com valores e medidas semelhantes aos valores fisiológicos. Apesar de terem usado o ultrassom pulsado, Wilkin et al.³³ também não observaram benefícios na aplicação de ultrassom no músculo gastrocnêmio lesado de ratos.

A geração de calor pelo ultrassom contínuo e sua aplicação enquanto recurso

termoterapêutico tem sido muito questionada, uma vez que pode sofrer a interferência de muitos fatores, inclusive, com a quantidade de proteína e gordura do tecido avaliado^{5,20,21,31} e não há como limitar a absorção de energia de ultrassom para apenas um tipo específico de tecido.³⁴ Vários autores discutem que os tecidos ricos em colágeno (fáscias, tendões, ligamentos) são os que absorvem mais e melhor a radiação do ultrassom.^{31,35-39} Outras terapias, como a de ondas curtas se mostram mais eficazes na produção de efeito térmico, se comparada ao ultrassom.⁴⁰ Ainda assim,

Tabela 5. Valores de força (kgf), RMS e mediana obtidos após a termoterapia (gelo ou ultrassom)

Sexo	FORÇA (kgf)			RMS			MEDIANA		
	Fisiológico	Gelo	Ultrassom	Fisiológico	Gelo	Ultrassom	Fisiológico	Gelo	Ultrassom
M	2,40	2,20	2,30	763,88	646,44	706,74	72,74	41,25	67,62
M	4,60	3,40	3,20	895,19	550,20	834,54	89,60	60,05	91,55
M	2,25	2,30	2,10	1107,53	740,31	1222,92	68,84	119,87	119,87
M	3,10	2,80	3,10	857,82	350,85	767,45	81,66	119,87	106,93
M	3,05	3,50	3,00	1021,40	605,11	1142,29	53,34	119,87	47,85
M	2,50	2,50	2,50	577,10	700,93	493,56	92,53	120,11	70,80
M	3,15	3,00	3,40	602,37	470,02	963,65	76,66	46,87	80,81
M	3,15	2,10	3,50	1336,08	911,08	1013,60	87,40	119,87	100,09
M	3,30	3,50	2,90	1971,52	424,38	1981,19	62,62	62,98	59,08
Média	3,06	2,81	2,89	1014,76	599,92	1013,99	76,15	90,08	82,73
F	1,65	1,60	1,60	518,82	311,45	644,40	126,70	208,98	139,16
F	1,45	1,40	1,50	547,31	777,90	120,11	155,88	317,67	76,17
F	1,70	1,40	1,60	201,59	433,97	430,43	63,96	87,89	60,30
F	1,30	1,30	1,20	386,38	388,17	319,05	105,35	58,83	58,10
F	1,15	0,80	0,90	645,60	789,64	159,12	148,68	120,36	218,99
F	1,85	1,20	1,60	331,77	229,56	185,86	79,59	137,45	104,73
F	1,95	1,80	1,80	1268,18	838,76	453,05	50,53	110,11	58,59
F	1,35	1,10	1,80	528,24	437,34	615,23	178,59	125,00	156,00
Média	1,55	1,33	1,50	553,48	525,85	365,91	113,66	145,79	109,01
Média	2,35*	2,11*	2,24	797,69**	565,07**	709,01	93,80	116,30	95,10
SD	0,94	0,89	0,82	441,16	203,77	469,34	37,43	66,31	44,18

RMS – root mean square; M – sexo masculino; F – sexo feminino; SD – desvio padrão. * $p < 0,01$ ** p

para otimizar os resultados, outro estudo mostrou que ultrassom e laser, apesar de ser duas energias diferentes, se mostraram complementares na promoção de maior aquecimento de tecidos.³⁴

Já a crioterapia é uma técnica que está sendo amplamente difundida, especialmente no meio esportivo, uma vez que, o resfriamento do tecido muscular promove a diminuição da ação das fibras e consequente relaxamento muscular, aumentando o limiar da dor do paciente. Isso pode ser explicado pela redução da velocidade da condução do impulso nervoso e diminuição do reflexo do arco miotático.^{7,8,20,28-33}

Seward & Rutkove relatam que a diminuição na temperatura reduz a velocidade de abertura e fechamento do canal de sódio, sendo o fechamento, o mais afetado.⁴¹ A manutenção do canal aberto por mais tempo torna a despolarização e repolarização mais lentas, reduzindo a velocidade de condução nervosa e, consequentemente, produz uma resposta de duração mais longa.⁴¹ Aqui, quando os mesmos voluntários foram submetidos ao protocolo de crioterapia, observamos que

o resfriamento do tecido foi capaz de reduzir significativamente a força do músculo biceps braquial em contração isométrica. Essa redução de força foi acompanhada por uma diminuição da ativação de UM. Estes resultados concordam com vários trabalhos publicados, nos mais diversos grupamentos musculares, tempos de aplicação e formas de resfriamento tecidual, que também destacam a redução de força muscular.^{7,20,26,41-45}

Vários autores destacam que a força de determinado grupamento muscular está intimamente relacionada à sensibilidade dos OTGs (relacionados à intensidade da contração) e dos fusos musculares (que regulam a variação do comprimento das fibras).^{7,8,20,41,46-51} Além do efeito sobre os receptores sensoriais (OTG e fuso muscular), o efeito aqui descrito pode ter outras explicações que podem ser únicas ou podem se somar para o efeito final. Deve-se levar em consideração que o resfriamento aumenta a viscosidade do sangue que circula no local, além de reduzir a sensibilidade do cálcio ao complexo actina-miosina, interferindo nas ligações entre as pontes cruzadas de actina e miosina que

formam as fibras musculares.^{7,20,26,51}

CONCLUSÃO

Assim, avaliando uma amostra de indivíduos jovens, concluímos que, conforme observado na clínica médica e fisioterapêutica, se comparadas aos homens, mulheres possuem menos força e maior propensão à fadiga muscular no biceps braquial. A aplicação de calor, através do ultrassom contínuo, não foi capaz de alterar a resposta neuromuscular e a força. Ao contrário, a crioterapia é um recurso que, quando aplicado diretamente sobre o músculo (panqueca), provoca diminuição da ativação de placas motoras do biceps braquial, reduzindo significativamente a força deste músculo. Em nosso trabalho houve a possibilidade de medir a temperatura do tecido, mas até lá, fica o alerta para a rotina dos fisioterapeutas no acompanhamento de pacientes submetidos à crioterapia e ultrassom, uma vez que, se no momento seguinte à aplicação do gelo, o paciente for submetido a manobras que exijam força muscular, existem chances de lesão osteomioarticular por esforço/repetição.

REFERÊNCIAS

1. Felice TD, Santana LR. Recursos fisioterapêuticos (crioterapia e termoterapia) na espasticidade: revisão de literatura. *Rev Neurocienc.* 2009;17(1):57-62.
2. Coelho MVC, Pereira LG, Pereira R. Crioterapia no tornozelo e atividade eletromiográfica do tibial anterior e fibular durante o apoio unipodálico no balancinho. *Perspectivas Online.* 2008; 2(7):98-101.
3. Matheus JPC, Oliveira FB, Gomide LB, Milani JGPO, Volpon JB, Shimano AC. Efeitos do ultrassom terapêutico nas propriedades mecânicas do músculo esquelético após contusão. *Rev Bras Fisioter.* 2008;12(3):241-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-3552008000300013>
4. Hedrick WR, Hykes DL, Starchman DE. *Ultrasound physics and instrumentation.* 3rd ed. Sant Louis: Mosby; 1995.
5. Bleakley C, McDonough S, MacAuley D. The use of ice in the treatment of acute soft-tissue injury: a systematic review of randomized controlled trials. *Am J Sports Med.* 2004;32(1):251-61. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0363546503260757>
6. Hubbard TJ, Aronson SL, Denegar CR. Does Cryotherapy Hasten Return to Participation? A Systematic Review. *J Athl Train.* 2004;39(1):88-94.
7. Merrick MA, Bernardkd, Devor ST, Williams JM. Identical 3-MHz ultrasound treatments with different devices produce different intramuscular temperatures. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(7):379-85. DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2003.33.7.379>
8. Knight KL. *Crioterapia no tratamento das lesões esportivas.* São Paulo: Manole; 2000.

9. Pereira GG, Rocha APA, Santos DGD, Andrade EA, Queiroz LSA, Faria VN. Influência da crioterapia na força muscular. *Rev Saúde Com.* 2013; 9(3): 227-233.
10. Rainoldi A, Melchiorri G, Caruso I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. *J Neurosci Methods.* 2004;134(1):37-43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.014>
11. Silva SRD, Gonçalves M. Análise da fadiga muscular pela amplitude do sinal eletromiográfico. *Rev Bras Ci Mov.* 2003; 1(3):15-20.
12. Freitas Filho CHB, Silva JRT, Silva ML. Princípios etiológicos e de diagnóstico em fibromialgia e seu tratamento através da acupuntura. *Sobrafisa.* 2004;1(5):11-8.
13. De Lucca CJ. The use of Surface Electromyography in biomechanics. *J Ap Biomech.* 1997;13(2):135-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.1123/jab.13.2.135>
14. Ervilha UF, Duarte M, Amadio AC. Estudos sobre procedimentos de normalização do sinal eletromiográfico durante o movimento humano. *Rev Bras Fisioter.* 1998;3(1):15-20.
15. De Luca CJ, Adam A, Wotiz R, Gilmore LD, Nawab SH. Decomposition of surface EMG signals. *J Neurophysiol.* 2006;96(3):1646-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.1152/jn.00009.2006>
16. Prentice WE. Modalidades terapêuticas em medicina esportiva. 4 ed. São Paulo: Manole; 2002.
17. Weineck J. Treinamento ideal. 9 ed. Barueri: Manole; 2003.
18. Achour Junior A. Exercícios de alongamento: anatomia e fisiologia. 2 ed. São Paulo: Manole; 2006.
19. ter Haar G. Therapeutic applications of ultrasound. *Prog Biophys Mol Biol.* 2007;93(1-3):111-29.
20. Starkey C. Recursos terapêuticos em fisioterapia. Barueri: Manole; 2001.
21. Lioce EE, Novello M, Durando G, Bistolfi A, Actis MV, Massazza G, et al. Therapeutic ultrasound in physical medicine and rehabilitation: characterization and assessment of its physical effects on joint-mimicking phantoms. *Ultrasound Med Biol.* 2014;40(11):2743-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2014.07.004>
22. Johns LD, Straub SJ, Howard SM. Analysis of effective radiating area, power, intensity, and field characteristics of ultrasound transducers. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(1):124-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2006.09.016>
23. Kollmann C, Vacariu G, Schuhfried O, Fialka-Moser V, Bergmann H. Variations in the output power and surface heating effects of transducers in therapeutic ultrasound. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(7):1318-24. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2005.02.001>
24. Guirro E, Guirro R. As variáveis físicas do ultrassom terapêutico: uma revisão. *Rev Ciência Tecnol.* 1996;9(5):31-41.
25. Young S. Terapia por ultrassom. In: Kitchen S, Bazin S. *Eletroterapia de Clayton.* 10 ed. São Paulo: Manole; 1998. p.235-58.
26. Agne JE. Eletrotermoterapia: teoria a prática. Santa Maria: Orium; 2005.
27. Maggi LE, Omena TP, von Krüger MA, Pereira WCA. Software didático para modelagem do padrão de aquecimento dos tecidos irradiados por ultrassom fisioterapêutico *Rev Bras Fisioter.* 2008;12(3):204-14.
28. Low J, Reed A. Eletroterapia explicada: princípios e prática. 3 ed. São Paulo: Manole; 2001.
29. Amâncio ACG, Barbieri CH, Mazzer N, Garcia SB, Thomazini JA. Estimulação ultra-sônica da integração de enxertos de pele total: estudo experimental em coelhos. *Acta Ortop Bras.* 2006; 14(5): 276-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-78522006000500010>
30. Kitchen S. Eletroterapia: prática baseada em evidência. São Paulo: Manole; 2003.
31. Watson T. Ultrasound in contemporary physiotherapy practice. *Ultrasonics.* 2008;48(4):321-9.
32. Gallo JA, Draper DO, Brody LT, Fellingham GW. A comparison of human muscle temperature increases during 3-MHz continuous and pulsed ultrasound with equivalent temporal average intensities. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34(7):395-401.
33. Wilkin LD, Merrick MA, Kirby TE, Devor ST. Influence of therapeutic ultrasound on skeletal muscle regeneration following blunt contusion. *Int J Sports Med.* 2004;25(1):73-7.
34. Watson T. Current concepts in electrotherapy. *Haemophilia.* 2002;8(3):413-8.
35. Watson T. The role of electrotherapy in contemporary physiotherapy practice. *Man Ther.* 2000;5(3):132-41.
36. ter Haar G. Therapeutic ultrasound. *Eur J Ultrasound.* 1999;9(1):3-9.
37. Nussbaum E. The influence of ultrasound on healing tissues. *J Hand Ther.* 1998;11(2):140-7.
38. Frizzell LA, Dunn F. Biophysics of ultrasound. In: Lehmann JF. *Therapeutic heat and cold.* Baltimore: William Wilkins; 1990. p. 362-97.
39. Garrett CL, Draper DO, Knight KL. Heat distribution in the lower leg from pulsed short-wave diathermy and ultrasound treatments. *J Athlet Train.* 2000; 35(1):50-5.
40. Rodrigues A. *Crioterapia.* São Paulo: Cefespar; 1995.
41. Rutkove SB. Effects of temperature on neuromuscular electrophysiology. *Muscle Nerve.* 2001;24(7):867-82.
42. Ruiz DH, Myrer JW, Durrant E, Fellingham GW. Cryotherapy and sequential exercise bouts following cryotherapy on concentric and eccentric strength in the quadriceps. *J Athl Train.* 1993;28(4):320-3.
43. Sanya AO, Bello AO. Effects of cold application on isometric strength and endurance of quadriceps femoris muscle. *Afr J Med Med Sci.* 1999;28(3-4):195-8.
44. Becher C, Springer J, Feil S, Cerulli G, Paessler HH. Intra-articular temperatures of the knee in sports - an in-vivo study of jogging and alpine skiing. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008;9:46.
45. Barbosa L, Gomes EB, Carvalho GA, Pinheiro HA. Efeitos da imersão em gelo na força de preensão palmar em adultos jovens. *Acta Fisiatr.* 2013; 20(3):138-41.
46. Guirro R, Abib C, Máximo C. Os efeitos fisiológicos da crioterapia: uma revisão. *Rev Fisioter Univ São Paulo.* 1999;6(2):164-70.
47. Andrews JR, Harrelson GL, Wilk L. *Reabilitação física de lesões desportivas.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
48. Rubley MD, Denegar CR, Buckley WE, Newell KM. Cryotherapy, Sensation, and Isometric-Force Variability. *J Athl Train.* 2003;38(2):113-119.
49. Duarte R, Macedo R. Efeito do gelo no momento máximo de força durante o movimento concêntrico de extensão do joelho. *EssFisiOnline.* 2005;1(3):21-37.
50. Silva ALP, Imoto DM, Croci AT. Estudo comparativo entre a aplicação de crioterapia, cinesioterapia e ondas curtas no tratamento da osteoartrite de joelho. *Acta Ortop Bras.* 2007; 15(4):204-9.
51. Hatzek BM, Kaminski TW. The effects of ice immersion on concentric and eccentric isokinetic muscle performance in the ankle. *Isok Exerc Sci.* 2000; 8(2): 103-7.