

Efeitos da estimulação elétrica nervosa transcutânea e da crioterapia sobre o limiar de dor induzida por pressão

Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and cryotherapy on pain threshold by induced pressure

Efectos de la estimulación eléctrica nerviosa transcutánea y crioterapia en el umbral de dolor inducida por presión

Lairton Fabricio de Menezes Maciel¹, Jose Jamacy de Almeida Ferreira¹, Heleodorio Honorato dos Santos¹, Palloma Rodrigues de Andrade¹

RESUMO | Estudos têm demonstrado que a crioterapia, a estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) e a associação destas promovem analgesia, porém a efetividade dessa associação não está clara. Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação isolada e associada da TENS e da crioterapia sobre o limiar de dor induzida por pressão em sujeitos saudáveis. A amostra constou de 40 sujeitos, designados aleatoriamente em quatro grupos: (1) grupo crioterapia - GC; (2) grupo TENS - GT; (3) grupo crioterapia + TENS - GCT; e (4) grupo placebo - GP. O limiar doloroso foi determinado por meio de um algômetro antes (T1), imediatamente após (T2) e nos instantes 10 (T3), 20 (T4) e 30 (T5) minutos após a aplicação das técnicas de analgesia. A TENS (100 Hz, 40 μ s) e a crioterapia (compressa fria) foram aplicadas durante 20 minutos em GC, GT e GCT, enquanto no GP foi simulada a eletroestimulação pelo mesmo período de tempo. Uma ANOVA para medidas repetidas e o teste *post hoc* de Bonferroni foram utilizados nas análises, considerando nível de significância de 5%. Todos os grupos experimentais apresentaram aumento no limiar doloroso quando comparados ao GP: GC ($p < 0,001$), GT ($p < 0,009$), e GCT ($p < 0,008$). Em relação ao tempo da analgesia, observou-se aumento do limiar doloroso em T2 para todos os grupos experimentais ($p < 0,001$), até T3 para o GCT ($p < 0,001$) e apenas no GC a analgesia se prolongou até o T5. Concluiu-se que nas condições estudadas, os três grupos experimentais tiveram um aumento no limiar doloroso comparado ao GP, porém a crioterapia teve o efeito mais prolongado.

Descritores | Analgesia; Terapia Combinada; Algômetro.

ABSTRACT | Studies have shown that cryotherapy, transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and the association of them promotes analgesia, but the effectiveness of this association is unclear. The objective was to evaluate the effects of single and combined application of TENS and cryotherapy on pressure-induced pain threshold in healthy subjects. The sample consisted of 40 subjects, randomly assigned into four groups: (1) cryotherapy group - GC, (2) TENS group - GT; (3) cryotherapy + TENS group - GCT; (4) placebo group - GP. The pain threshold was determined by an algometer before (T1), immediately after (T2) and in the instants 10 (T3), 20 (T4) and 30 (T5) minutes after application of the analgesic techniques. TENS (100 Hz, 40 μ s) and cryotherapy (cold compress) were applied for 20 minutes in the GC, GT and GTC, while in the GP was simulated electrical stimulation for the same period of time. Repeated measures ANOVA and Bonferroni post hoc test were employed, considering a significance level of 5%. All experimental groups showed an increase in pain threshold when compared to GP: GC ($p < 0.001$), GT ($p < 0.009$) and GCT ($p < 0.008$). In relation to the time of analgesia, there was an increase in pain threshold in T2 for all experimental groups ($p < 0.001$) up T3 to GCT ($p < 0.001$) and only in the GC analgesia lasted up to T5. We concluded that under the conditions studied, the three experimental groups had an increase in pain threshold compared to the GP, but cryotherapy had more prolonged effect.

Keywords | Analgesia; Combined Modality Therapy; Algometer.

Estudo desenvolvido na Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - João Pessoa (PB), Brasil.

¹Departamento de Fisioterapia da UFPB - João Pessoa (PB), Brasil.

Endereço para correspondência: Palloma Rodrigues de Andrade - Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Campus I, Cidade Universitária - CEP: 58059-900 - João Pessoa (PB), Brasil - E-mail: pallomandrade@gmail.com

Apresentação: nov. 2013 - Aceito para publicação: jul.2014 - Fonte de financiamento: nenhuma - Conflito de interesse: nada a declarar - Parecer de aprovação do Comitê de Ética nº 02/2009.

RESUMEN | Estudios tienen demostrado que la crioterapia, la estimulación eléctrica nerviosa transcutánea (TENS) y la asociación de ellas promueven analgesia, pero la efectividad de esa asociación no está clara. Se objetivó evaluar los efectos de la aplicación aislada y asociada de la TENS y de la crioterapia sobre el umbral doloroso inducido por presión en sujetos saludables. La muestra incluyó 40 sujetos aleatoriamente separados en cuatro grupos: (1) grupo crioterapia - GC; (2) grupo TENS - GT; (3) grupo crioterapia + TENS - GCT; y (4) grupo placebo - GP. El umbral doloroso fue determinado por medio de un algómetro antes (T1), luego después (T2) y en los instantes 10 (T3), 20 (T4) y 30 (T5) minutos después de la aplicación de las técnicas de analgesia. La TENS (100 Hz, 40 μ s) y la crioterapia (compresa fría) fueron aplicadas durante 20 minutos en el GC, GT

y GCT, mientras que en el GP fue simulada la electroestimulación por el mismo período. Un ANOVA para medidas repetidas y el test *post hoc* de Bonferroni fueron utilizados en los análisis, considerando un 5% de nivel de significancia. Todos los grupos experimentales presentaron aumento en el umbral doloroso al compararlos al GP: GC ($p < 0,001$), GT ($p < 0,009$) y GCT ($p < 0,008$). Con relación al tiempo de analgesia, se observó un aumento del umbral doloroso en T2 para todos los grupos experimentales ($p < 0,001$) hasta T3 para el GCT ($p < 0,001$) y solamente en el GC la analgesia prosiguió hasta T5. Se concluyó que en las condiciones estudiadas, los tres grupos experimentales tuvieron un aumento en el umbral doloroso comparado al GP, pero la crioterapia tuvo un efecto más largo.

Palabras clave | Analgesia; Terapia Combinada; Algómetro.

INTRODUÇÃO

A dor é um fenômeno multifatorial considerado um mecanismo de alerta e defesa do organismo^{1,2}. Os sintomas dolorosos fazem parte de sensações complexas que requerem uma profunda análise sobre os mecanismos fisiológicos e psíquicos envolvidos na sua produção e percepção, bem como sobre as suas formas de tratamento^{3,4}. Esse fenômeno ainda não é completamente entendido, provavelmente, por representar uma sensação subjetiva individual, difícil de ser caracterizada e generalizada⁵.

O tratamento antinociceptivo é complexo, e as várias alternativas visando ao combate da dor nem sempre são eficazes. A terapêutica medicamentosa, apesar dos avanços da farmacologia, apresenta elevada toxicidade e depende de associações e interações entre diversas substâncias⁶, e os efeitos colaterais dos métodos analgésicos clínicos e/ou cirúrgicos podem ser minimizados ou prevenidos quando associados ou substituídos por uma terapêutica analgésica baseada em meios físicos não invasivos⁷. Diversos procedimentos e técnicas são utilizados na prática fisioterapêutica analgésica e dentre os mais comuns podem-se destacar a crioterapia e a estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS).

A TENS é uma corrente que produz pulsos elétricos com frequência de até 200 Hz capaz de influenciar processos de neurocondução da dor⁸ e seu mecanismo fisiológico de analgesia depende da modulação da corrente aplicada à região afetada. A TENS de baixa frequência (4 Hz) e alta intensidade produz analgesia por meio da ativação de receptores de opioides, liberando substâncias analgésicas endógenas pelo cérebro ou medula

espinhal^{9,10}, enquanto a TENS com frequência acima de 100 Hz e aplicada com baixa intensidade promove analgesia por meio do mecanismo da comporta da dor. De acordo com essa última teoria, a corrente elétrica ativa as fibras nervosas A β aferentes, que são mielinizadas, de grosso calibre e de condução rápida, inibindo na medula a passagem dos estímulos dolorosos conduzidos pelas fibras A δ e C, ambas de pequenos diâmetros, não mielinizadas e de condução lenta¹¹. Assim, a TENS nesta modulação promove analgesia imediata ou após dez minutos de aplicação, podendo perdurar de 20 a 30 minutos até duas horas¹².

A crioterapia abrange uma grande quantidade de técnicas específicas que utilizam fontes frias nas formas sólida, líquida e gasosa com o objetivo terapêutico de retirar calor do corpo, induzindo os tecidos a uma diminuição do metabolismo e dos efeitos inflamatórios e a redução da dor¹³. Nas fibras nervosas, o mecanismo de ação do frio ocorre pela diminuição da excitabilidade das terminações nervosas livres e da velocidade de condução das fibras nervosas, pela transmissão assíncrona nas fibras da dor, liberação de endorfinas e inibição dos neurônios espinhais e por um aumento no período refratário¹⁴. Após uma aplicação de 20 minutos dessa técnica, a transmissão nervosa pode ser reduzida em até 29,4%, com a sua condução permanecendo deteriorada até certo ponto por 30 minutos após ter sido removida a modalidade fria¹⁵.

Atualmente, alguns profissionais estão utilizando a TENS e a crioterapia de maneira simultânea (CRIOTENS-CT), acreditando que assim potencializarão o efeito analgésico desses recursos, pois obterão um somatório das ações fisiológicas promovidas por

ambos¹⁶. No entanto, os efeitos analgésicos e o mecanismo de ação da associação das técnicas supracitadas não estão suficientemente esclarecidos na literatura. Sabe-se que o mecanismo neuroregulador da dor promovido pela crioterapia envolve o feixe espino-talâmico lateral, enquanto a TENS utiliza-se do feixe espino-talâmico anterior, e ambas as vias tornam-se uma só na altura da ponte, formando o lemnisco espinhal, o qual se dirige ao tálamo¹⁷. Assim, presume-se que a associação dessas duas modalidades terapêuticas cria um paradoxo entre os mecanismos fisiológicos de redução da dor, pois enquanto uma reduz a velocidade de condução nervosa, a outra estimula as fibras nervosas¹⁸.

Diante dessa controvérsia, este estudo teve como objetivo avaliar a influência da TENS e da crioterapia utilizadas isoladamente e em conjunto sobre o limiar da dor induzida por pressão em sujeitos saudáveis, com a hipótese de que a CRIOTENS não apresentaria incremento no limiar da dor dos sujeitos, em razão de os mecanismos neurofisiológicos de regulação da dor da TENS e da crioterapia agirem de forma paradoxal.

METODOLOGIA

Amostra

Realizou-se um estudo transversal com delineamento quase experimental, que foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da instituição (parecer nº 002/2009) e todos os sujeitos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Foram selecionados por meio de critério não probabilístico 40 sujeitos de ambos os sexos (19,9±1,4 anos; 63,9±13,4 kg; 1,67±0,07 m), sendo 20 homens e 20 mulheres. Para participar do estudo, foram selecionados sujeitos saudáveis, sem histórico de lesão, dor ou déficit de sensibilidade na região do antebraço não dominante. Foram excluídos sujeitos que fizeram ingestão de medicamento analgésico 24 horas antes do início do estudo, além dos que apresentavam alergia ao gelo e hipersensibilidade à corrente elétrica, verificadas antes da aplicação de cada técnica.

Todos os sujeitos foram submetidos, em dias alternados, a três protocolos de analgesia (crioterapia, TENS, CRIOTENS) e um placebo com ordem de aplicação de forma aleatória. O fluxograma do desenho experimental está descrito na Figura 1.

Procedimentos

Protocolo para avaliação do limiar doloroso

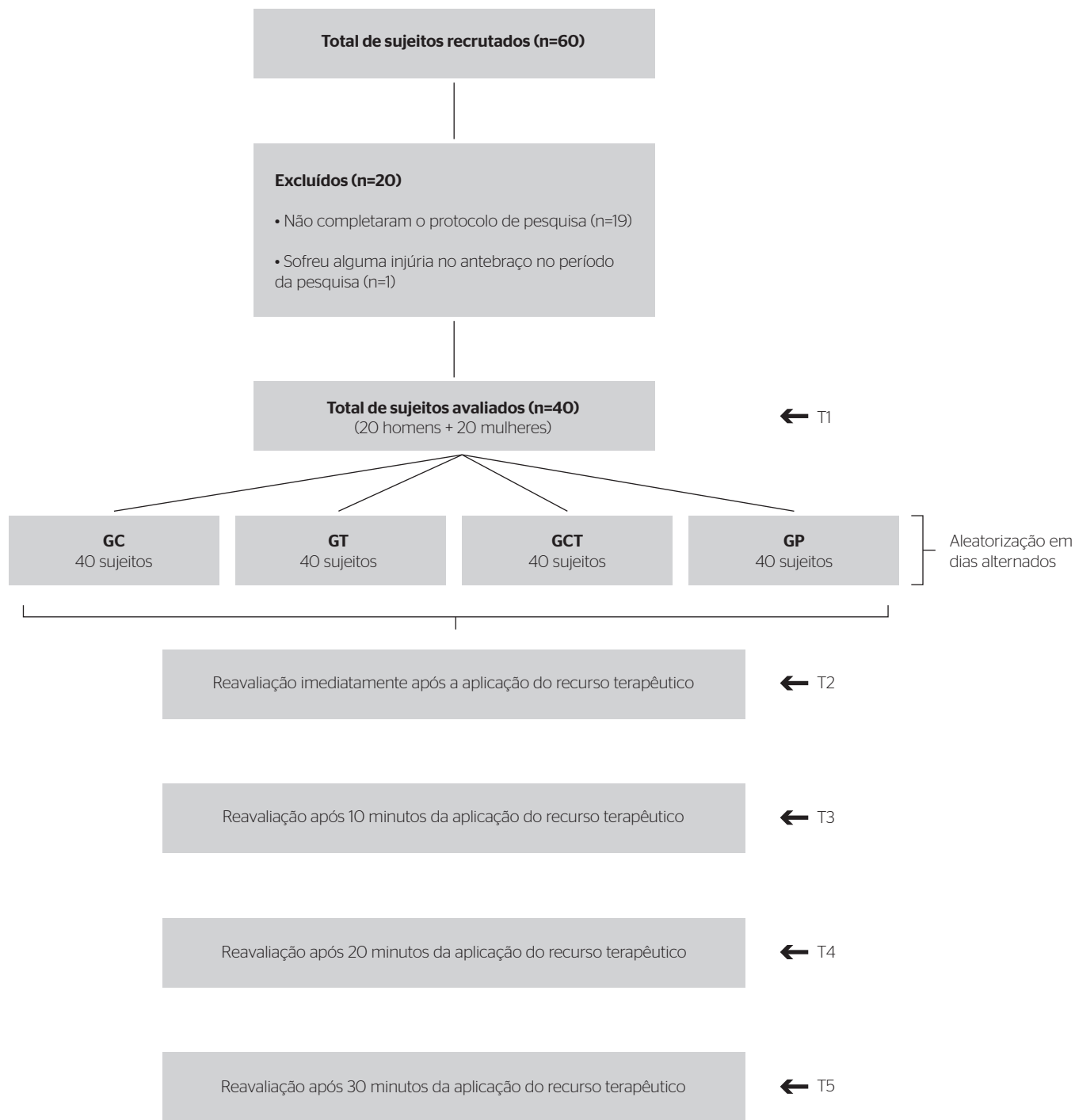
Para avaliação do limiar doloroso, foi padronizado o ponto médio da parte anterior do antebraço não dominante, marcado com uma caneta dermatográfica, obtido pelo traçado da linha média entre o cotovelo e o punho. Os sujeitos foram posicionados sentados com o antebraço em posição anatômica e o cotovelo estendido, e o limiar doloroso (pressão mais baixa necessária para o sujeito sentir dor) foi verificado antes e após os protocolos da pesquisa por meio de estímulos de pressão medidos em kgf/cm² utilizando um algômetro digital (Kratos, Brasil)¹⁹⁻²¹. O instrumento, cuja sonda de contato apresentava formato plano medindo 1 cm² de área²², era posicionado em um ângulo de 90° em relação ao antebraço.

Era solicitado ao sujeito que informasse ao avaliador quando a pressão se tornasse incômoda, proporcional a uma percepção dolorosa nível três na escala visual analógica (EVA)^{23,24}. Neste momento, os sujeitos deveriam comunicar essa sensação por meio da palavra “já”, quando então o estímulo de pressão era retirado e o pico de pressão máxima marcado no aparelho era registrado.

No intuito de familiarizar o sujeito ao estímulo, o protocolo de medida era explicado previamente a ele e realizava-se um teste com três estímulos no membro contralateral (dominante) com o intuito de garantir maior confiabilidade das medidas^{25,26}. Ao todo, foram realizadas cinco avaliações no membro não dominante: a primeira, antes da aplicação dos protocolos experimentais (T1); a segunda, imediatamente após (T2); a terceira, 10 minutos após (T3); a quarta, 20 minutos após (T4); e a quinta avaliação, 30 minutos após (T5).

No grupo TENS (GT), antes da aplicação da terapia, era feita a limpeza da pele com álcool a 70% no antebraço não dominante, e os sujeitos eram posicionados sentados com o antebraço em posição anatômica e o cotovelo em 90° de flexão. A TENS era aplicada durante 20 minutos, na frequência de 100 Hz, duração de pulso de 40 µs e intensidade no limite sensorial, utilizando o aparelho Endomed 582 ID (*Enraff Nonius*, Holanda) com eletrodos retangulares de silicone/carbono medindo 8 x 6 cm, posicionados longitudinalmente sobre a região anterior do antebraço.

No grupo crioterapia (GC), os sujeitos adotavam a mesma posição do GT e era aplicada a crioterapia por meio de compressa fria, utilizando-se 1,0 kg de gelo triturado envolto por um tecido fino umedecido, fixado com faixas de velcro na região anterior de todo o antebraço, durante 20 minutos.



GC: grupo crioterapia ; GT: grupo TENS; GCT: grupo crioterapia + TENS; GP: grupo placebo

Figura 1. Fluxograma do desenho experimental

No grupo CRIOTENS (GCT), os sujeitos assumiram a mesma posição do GT e CG. Aplicava-se a TENS com os mesmos parâmetros utilizados no GT e, simultaneamente, era aplicada a compressa fria de forma idêntica ao GC, com duração de 20 minutos.

No grupo placebo (GP), utilizou-se o mesmo protocolo do GT, porém o aparelho era ligado com amplitude de estimulação zero, durante um período de 20 minutos.

Análise estatística

A variável dependente analisada foi a pressão medida pelo algômetro em kgf/cm². Os dados foram tabulados por tempo (T1 a T5) e por grupo, e a estatística descritiva (média±desvio padrão) foi calculada. Inicialmente, foram realizados testes de normalidade dos dados (*Kolmogorov-Smirnov*) e homogeneidade das variâncias

(Levene), seguidos de uma análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas com *post hoc* de Bonferroni para comparar as médias das pressões nos diferentes intervalos de tempo e nos diferentes grupos experimentais, bem como para analisar a interação entre as variáveis tempo *versus* grupo. Para a análise estatística, utilizou-se o Pacote Estatístico para Ciências Sociais (SPSS versão 16), considerando o nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A ANOVA com medidas repetidas revelou diferenças significativas nos valores médios das pressões ao longo dos intervalos de tempo do experimento independentemente

do grupo experimental [$F(4,153)=43,476$; $p<0,001$]. Observou-se que somente em T2 e T3 as pressões foram estatisticamente maiores que T1 ($p<0,001$). As médias e o desvio padrão das pressões em relação ao tempo, bem como as diferenças de pressão obtida em cada intervalo de tempo em relação a T1 são apresentadas na Tabela 1.

A análise dos valores das pressões em relação aos grupos também mostraram diferenças significativas [$F(3,156)=6,786$; $p<0,001$]. Todos os grupos experimentais apresentaram um aumento no limiar doloroso (maior diferença de pressão) quando comparados ao GP ($p<0,01$). A média e o desvio padrão do limiar doloroso de cada grupo por tempo de medição, bem como os valores das diferenças de pressão por grupo, são apresentados na Tabela 2.

Na análise intragrupo, ocorreu um aumento significativo no limiar doloroso em todos os tempos após a

Tabela 1. Médias e desvio padrão das pressões nos diferentes tempos e diferenças das pressões em relação a T1 para todos os grupos experimentais

Tempos	Média±DP	Diferenças (kgf/cm ²)	Valor p
T1	4,99±0,08	-	-
T2	5,69±0,09	T2-T1=0,70	0,001
T3	5,22±0,09	T3-T1=0,23	0,001
T4	5,11±0,08	T4-T1=0,12	0,263
T5	5,04±0,08	T5-T1=0,04	1,000

DP: desvio padrão

Tabela 2. Médias e desvio padrão das pressões nos grupos em cada tempo de medição e diferenças das médias gerais por grupo

Grupos	Média por tempo±DP	Média±DP	Diferença (kgf/cm ²)	Valor p
Crioterapia	T1=4,97±0,17	5,56±0,16	GC-GT=0,22 GC-GCT=0,21 GC-GP=0,94	1,000 1,000 0,001
	T2=6,31±0,18			
	T3=5,63±0,17			
	T4=5,49±0,17			
	T5=5,38±0,17			
TENS	T1= 4,99±0,17	5,34±0,16	GT-GC=-0,22 GT-GCT=-0,01 GT-GP=-0,71	1,000 1,000 0,009
	T2=5,87±0,18			
	T3=5,36±0,17			
	T4=5,27±0,17			
	T5=5,19±0,17			
CRIOTENS	T1= 4,97±0,17	5,34±0,16	GCT-GC=-0,21 GCT-GT=-0,01 GCT-GP=-0,72	1,000 1,000 0,008
	T2=5,99±0,18			
	T3=5,32±0,17			
	T4=5,29±0,17			
	T5= 5,15±0,17			
Placebo	T1=5,06±0,17	4,621±0,16	GP-GC=-0,94 GP-GT=-0,72 GP-GCT=-0,72	0,001 0,009 0,008
	T2=4,62±0,18			
	T3=4,59±0,17			
	T4=4,41±0,17			
	T5=4,43±0,17			

GC: grupo crioterapia; GT: grupo TENS; GCT: grupo crioterapia + TENS; GP: grupo placebo.

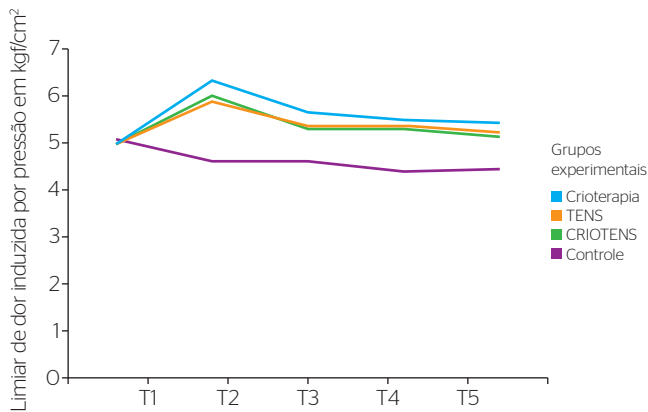


Figura 2. Modificações no limiar de dor induzida por pressão (kgf/cm²) dos grupos experimentais em função das avaliações (T1 a T5).

aplicação (T2, T3, T4, T5; $p < 0,005$) para o GC, apenas em T2 ($p < 0,001$) para o GT, e em T2 ($p < 0,001$), T3 e T4 ($p < 0,05$) para o GCT. A Figura 2 permite a visualização das modificações nas médias do limiar de dor induzida por pressão dos grupos em função do tempo de avaliação.

Foi verificada também uma interação entre as variáveis tempo *versus* grupo [$F(12,405)=10,722$; $p < 0,001$]. Nesse contexto, constatou-se que as médias dos quatro grupos não tiveram diferença significativa no instante T1 ($p > 0,05$). Entretanto, todos os grupos experimentais se diferenciaram do GP em todos os tempos ($p < 0,001$).

DISCUSSÃO

Neste estudo, a análise dos efeitos da crioterapia, TENS e CRIOTENS em uma condição experimental de dor induzida por pressão permite destacar dois achados importantes: (1) todas as técnicas foram eficazes para aumentar o limiar doloroso, à exceção do placebo; e (2) a crioterapia apresentou o efeito mais prolongado da analgesia.

A diminuição do limiar doloroso no grupo placebo era de se esperar em razão da não aplicação de um recurso analgésico e da estimulação tátil dolorosa repetidas vezes ao tempo, promovendo a irritação do tecido, com liberação de neurotransmissores, e reduzindo o limiar de excitação nociceptiva²⁷. Da mesma forma, esperava-se a efetividade analgésica da crioterapia¹⁶⁻¹⁸ e da TENS^{16,17,28,29} isoladamente, pois ambos são recursos que comprovadamente aumentam o limiar doloroso.

No que diz respeito ao efeito analgésico imediato, os resultados reportados aqui estão de acordo com os apresentados por Abreu *et al.*¹⁶, que analisaram a eficiência analgésica da crioterapia, da TENS e da sua associação,

por meio da EVA, em sujeitos com dor lombar crônica. Esses autores encontraram que não houve diferença significativa entre os grupos, demonstrando que nenhuma das técnicas de analgesia se sobressaiu em relação às outras. Da mesma forma, em estudo realizado com indivíduos saudáveis e indução da dor por pressão utilizando um plicômetro, Farias *et al.*³⁰ também não observaram diferença significativa no efeito das técnicas analgésicas. No entanto, nenhum desses estudos aponta para a maior durabilidade do efeito analgésico da técnica da crioterapia, como foi aqui encontrado.

Por outro lado, Ribeiro *et al.*¹⁷, em um estudo que avaliou o efeito da utilização simultânea da crioterapia e da TENS no tratamento de lombalgia em mulheres, verificaram resultados diferentes, em parte, do que foi apurado neste estudo. Seus resultados mostraram que a dor referida por meio da EVA apresentou uma redução significativa nos pacientes tratados com TENS e com a CRIOTENS, o que não foi verificado no grupo tratado com a crioterapia de forma isolada. Ressalta-se que a amostra utilizada por Ribeiro *et al.*¹⁷ foi composta por mulheres com dor crônica, a qual envolve processos diferentes da dor aguda gerada por estímulo mecânico característico no método utilizado nesta pesquisa.

Em outro estudo, Schulz *et al.*³¹, avaliando o efeito da TENS *Burst* sobre o limiar de dor induzida por pressão, verificaram que não houve diferença significativa no limiar doloroso quando comparados os diferentes momentos da avaliação para o grupo placebo e para o grupo TENS. Todavia, existe uma diferença metodológica importante desse protocolo experimental em relação ao que foi realizado em nosso estudo. A TENS *Burst* tem reconhecida indicação na dor crônica, enquanto a TENS convencional (100 Hz, 40 μ s) é mais eficaz na promoção de analgesia em dor aguda da forma como foi induzida em ambos os estudos³².

Mesmo não tendo se sobressaído em relação às demais modalidades de analgesia, a CRIOTENS se mostrou eficaz para promover o aumento no limiar de percepção da dor, como em outros estudos^{16,17,30}, porém acredita-se que a crioterapia foi a principal responsável pelo aumento do limiar da dor induzida por pressão. Respalda-se esse questionamento na duração da analgesia, já que o GCT teve comportamento semelhante ao GC, apresentando aumento do limiar doloroso por mais tempo do que o GT. Ainda, o GCT apresentou aumento do limiar doloroso até 20 minutos após a aplicação (T4), enquanto essa duração foi de 30 minutos (T5) para o GC, o que leva a crer que a estimulação nervosa promovida pela TENS pode ter diminuído a ação da crioterapia na

redução da velocidade de condução nervosa para dores agudas, como é o caso da presente amostra.

Nesse aspecto, embora se afirme que na CRIOTENS a crioterapia inibe a ação da TENS por reduzir a velocidade de condução nervosa sensitiva e motora³³⁻³⁵, levanta-se a hipótese de que o mecanismo inibitório pode ser recíproco, a TENS realizando a estimulação nervosa em oposição à crioterapia que promove uma diminuição dessa atividade excitatória.

O efeito inibitório da crioterapia sobre a TENS parece estar mais esclarecido no que diz respeito às vias periféricas de condução nervosa. Um estudo experimental realizado em ratos, avaliando a atividade elétrica do nervo femoral (AENF) antes, durante e após a aplicação isolada e associada da TENS e da crioterapia, evidenciou que a TENS aumentou a AENF e a crioterapia não alterou essa variável. Na terapia associada, houve uma atenuação na AENF, anteriormente elevada pela TENS isolada, constatando que a associação da crioterapia e da TENS contrapõe o efeito estimulativo e reduz as ações terapêuticas da TENS quando aplicada de maneira isolada¹⁸.

Um aspecto metodológico importante precisa ser registrado: a área da sonda de contato entre o aparelho e a pele é um fator importante na percepção da dor. Sondas com maior área de contato parecem ser mais úteis para detectar dor muscular induzida por pressão³⁶, enquanto as de menor área provocam a dor na pele³⁷. Em nosso estudo, como o objetivo era induzir a dor superficial, foi utilizada uma sonda com 1 cm² de área, o que foi suficiente para produzir uma dor aguda superficial.

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que, em condições experimentais de dor aguda induzida por pressão, a crioterapia apresenta efeitos mais prolongados do que a TENS e a CRIOTENS, sendo provavelmente este o recurso mais econômico e eficaz para o tratamento de dores agudas. Ressalta-se que estudos como este dão respaldo para a prática fisioterapêutica, auxiliando na escolha de modalidades analgésicas necessárias tanto para a realização do tratamento quanto para a redução dos sintomas clínicos. Além disso, com base nos resultados aqui apresentados, a CRIOTENS não potencializa a analgesia, pois na presente amostra não apresentou resultado somatório aumentando o limiar da dor nem aumentou o tempo de analgesia.

Entretanto, apesar de a metodologia de dor induzida por pressão ser bastante utilizada em protocolos experimentais, acredita-se que não replica com fidedignidade o que ocorre no processo fisiopatológico da dor secundária a patologias ou traumas, configurando-se

uma limitação deste estudo. Nesse sentido, para que estes achados possam ser utilizados na clínica fisioterapêutica, estudos adicionais com pacientes portadores de dor aguda e crônica precisam ser realizados.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que a crioterapia, a TENS e a CRIOTENS são técnicas eficazes para aumentar o limiar doloroso induzido por pressão em sujeitos saudáveis, entretanto a crioterapia apresentou um efeito analgésico mais prolongado. Esses achados melhoram o conhecimento sobre os métodos analgésicos não medicamentosos e apontam para a utilização da crioterapia de forma isolada como método preferencial no tratamento de dores agudas superficiais.

REFERÊNCIAS

- Melzack R, Wall PD. Textbook of pain. Edinburg: Churchill Livingstone; 1994.
- Cervero F. Pain: Friend or Foe? A Neurobiologic Perspective: The 2008 Bonica Award Lecture. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(6):569-74.
- Lianza S. Medicina de Reabilitação. Guanabara: Rio de Janeiro; 2007.
- Neugebauer V, Galhardo V, Maione S, Mackey SC. Forebrain pain mechanisms. *Brain Res Rev.* 2009;60(1):226-42.
- Ferreira CHJ, Beleza ACS. Abordagem fisioterapêutica na dor pós-operatória: a eletroestimulação nervosa transcutânea. *Rev Col Bras.* 2007;34(2):127-30.
- Colhado OC, Boeing M, Ortega LB. Toxina botulínica no tratamento da dor. *Rev Bras Anesthesiol.* 2009;59(3):366-81.
- Vale NB. Analgesia Adjuvante e Alternativa. *Rev Bras Anesthesiol.* 2006;56(5):530-55.
- Rushton DN. Electrical stimulation in the treatment of pain. *Disabil Rehabil.* 2002;24(8):407-15.
- King EW, Sluka KA. The effect of varying frequency and intensity of transcutaneous electrical nerve stimulation on secondary mechanical hyperalgesia in an animal model of inflammation. *J Pain.* 2001;2(2):128-33.
- Maeda Y, Lisi TL, Vance CG, Sluka KA. Release of GABA and activation of GABA(A) in the spinal cord mediates the effects of TENS in rats. *Brain Res.* 2007;1136(1):43-50.
- Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science.* 1965;150(699):971-9.
- Katz J, Melzack R. Auricular transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) reduces phantom limb pain. *J Pain Symptom Manage.* 1991;6(2):73-83.
- Moreira NB, Artifon EL, Meireles A, Silva LI, Rosa CT, Bertolini GRF. A influência da crioterapia na dor e edema induzidos por sinovite experimental. *Fisioter Pesq.* 2011;18(1):79-83.

14. Nadler SF, Weingand K, Kruse RJ. The physiological basis and clinical application of cryotherapy and thermotherapy for the pain practitioner. *Pain Physician* 2004;7(3):395-9.
15. Andrews JR, Harrelson GL, Wilk KE. Reabilitação física das lesões desportivas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
16. Abreu EA, Santos JDM, Ventura PL. Analgesic effectiveness of the association of transcutaneous electrical nerve stimulation and cryotherapy for chronic low back pain. *Rev Dor*. 2011;12(1):23-8.
17. Ribeiro RS, Monteiro TV, Abdon APV. Estudo do efeito da utilização simultânea da crioterapia e do TENS nos pacientes portadores de lombalgia. *Rev Ter Man* 2006;4(16):82-5.
18. Santuzzi CH, Gonçalves WL, Rocha SS, Castro ME, Gouveia AS, Abreu GR. Efeitos da crioterapia, estimulação elétrica transcutânea e da sua associação na atividade elétrica do nervo femoral em ratos. *Rev Bras Fisioter* 2008;12(6):441-6.
19. Schenk P, Laeubli T, Klipstein A. Validity of pressure pain thresholds in female workers with and without recurrent low back pain. *Eur Spine J*. 2007;16(2): 267-75.
20. Svensson P, Arendt-Nielsen L, Nielsen H, Larsen JK. Effect of chronic and experimental jaw muscle pain on pain-pressure thresholds and stimulus-response curves. *J Orofac Pain* 1995;9(4):347-56.
21. Kinser AM, Sands WA, Stone MH. Reliability and validity of a pressure algometer. *J Strength Cond Res*. 2009;23(1):312-4.
22. Finocchietti S, Mogens N, Morch CD, Arendt-Nielsen L, Graven-Nielsen T. Pressure-induced muscle pain and tissue biomechanics: A computational and experimental study. *Eur J Pain* 2011; 15(1):36-44.
23. Silva MC, Silva PAB, Silva LB, Soares SM. Instrumentos de avaliação da dor crônica em idosos e suas implicações para a enfermagem. *Rev Enferm Centro Oeste Min*. 2011;1(4):560-70.
24. Martinez JE, Grassi DC, Marques LG. Análise da aplicabilidade de três instrumentos de avaliação de dor em distintas unidades de atendimento: ambulatório, enfermaria e urgência. *Rev Bras Reumatol*. 2011;51(4):299-308.
25. Persson A, Brogårdh C, Sjölund B. Tender or not tender: test-retest repeatability of pressure pain thresholds in the trapezius and deltoid muscles of healthy women. *J Rehabil Med*. 2004;36(1):17-27.
26. Pickering G, Jourdan D, Eschaliér A, Dubray C. Impact of age, gender and cognitive functioning on pain perception. *Gerontology*. 2002;48(2):112-8.
27. Vale FM. Dor: Novos aspectos fisiopatológicos e consequentes estratégias farmacológicas. *RFML*. 2003;3(5):291-304.
28. Liebano RE, Vance CG, Rakel BA, Lee JE, Cooper NA, Marchand S, *et al*. Transcutaneous electrical nerve stimulation and conditioned pain modulation influence the perception of pain in humans. *Eur J Pain*. 2013;17(10):1539-46.
29. Vassal F, Créac'h C, Convers Ph, Laurent B, Garcia-Larrea L, Peyron R. Modulation of laser-evoked potentials and pain perception by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS): a placebo-controlled study in healthy volunteers. *Clin Neurophys*. 2013;124(9):1861-7.
30. Farias RS, Melo RS, Machado YF, Lima FM, Andrade PR. O uso da tens, crioterapia e criotens na resolução da dor. *Rev Bras Ciênc Saúde*. 2010;14(1):27-36.
31. Schulz AP, Chao BC, Gazola F, Pereira GD, Nakanishi MK, Kunz RI, *et al*. Ação da estimulação elétrica nervosa transcutânea sobre o limiar de dor induzido por pressão. *Rev Dor*. 2011;12(3):231-4.
32. Liebano RE, Rakel B, Vance CGT. An investigation of the development of analgesic tolerance to TENS in humans. *Pain*. 2010;152(2):335-42.
33. Herrera E, Sandoval MC, Camargo DM, Salvini TF. Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion. *Phys Ther*. 2010;90(4):581-91.
34. Algafly AA, George KP. The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. *Br J Sports Med*. 2007;41(6):365-9.
35. Zhang J, Pan T, Eang JHC. Cryotherapy suppresses tendon inflammation in an animal model. *J Orthop Transl*. 2014;2(2):75-81.
36. Takahashi T, Taguchi T, Itoh K, Okada K, Kawakita K, Mizumura K. Influence of surface anesthesia on the pressure pain threshold measured with different sized probes. *Somatosens Mot Res*. 2005;22(4):299-305.
37. Treede RD, Rolke R, Andrews K, Magerl W. Pain elicited by blunt pressure: neurobiological basis and clinical relevance. *Pain*. 2002;98(3):235-40.