

Estimulação elétrica nervosa transcutânea nas modalidades convencional e acupuntura na dor induzida pelo frio

Conventional and acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain

Hisa Costa Morimoto¹, Márcia Yumi Yonekura¹, Richard Eloin Liebano²

Estudo desenvolvido no Curso de Fisioterapia da Unid - Universidade Cidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

¹ Fisioterapeutas

² Prof. Dr. do Curso de Mestrado em Fisioterapia da Unid

ENDEREÇO PARA
CORRESPONDÊNCIA

Richard E. Liebano
Setor de Pós-Graduação /Unid
R. Cesário Galeno 448
03071-000 São Paulo SP
e-mail: liebano@gmail.com

RESUMO: A estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) é um recurso não-farmacológico já consagrado na modulação de dores agudas e crônicas. O objetivo deste estudo foi verificar o efeito da TENS convencional e na modalidade TENS-acupuntura na dor induzida pelo frio. Trinta indivíduos saudáveis com idade entre 18 e 40 anos foram distribuídos ao acaso em três grupos: placebo, TENS convencional e TENS-acupuntura. Foi utilizado um protocolo de indução de dor pelo frio composto por seis ciclos: dois pré-tratamento, dois durante e dois após o tratamento. A TENS foi aplicada por 20 minutos por dois canais, sendo a modalidade convencional, no nível sensorial, na frequência de 80 Hz e a modalidade acupuntura, no nível motor, a 4 Hz. Foram medidos limiar de dor, tolerância à dor e intensidade da dor. Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa nos valores medidos durante e após o tratamento quando comparados aos dos ciclos pré-tratamento, em todas as variáveis. Nas duas modalidades estudadas pois, a TENS, nos parâmetros de aplicação utilizados, não modificou a dor induzida por frio, sugerindo-se novos estudos com maior tempo de aplicação da TENS e diferentes modelos de dor experimental.

DESCRIPTORES: Dor; Estimulação elétrica nervosa transcutânea/métodos; Limiar da dor

ABSTRACT: Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) is a non-pharmacological method already established in the modulation of acute and chronic pain. The purpose of this study was to assess the effect of conventional TENS and acupuncture-like TENS on cold-induced pain. Thirty healthy subjects aged 18 to 40 years old were randomized into in three groups: placebo, conventional TENS, and acupuncture-like TENS. A cold-induced pain protocol was used, in six cycles (two pre-treatment, two during, and two after treatment); TENS was applied for 20 minutes through 2 channels, the conventional modality at sensory level at 80 Hz, and the acupuncture modality at motor level at 4 Hz. Variables analysed were pain threshold, tolerance to pain, and pain intensity. No statistically significant differences were found in any variable between post and pre-treatment measures in all groups. Hence neither conventional or acupuncture-like TENS had any effect on cold-induced pain. Further studies are suggested, with different experimental pain models, and with longer time of TENS application.

KEY WORDS: Pain; Pain threshold; Transcutaneous electric nerve stimulation/methods

APRESENTAÇÃO
dez. 2008

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
maio 2009

INTRODUÇÃO

A estimulação elétrica é usada regularmente por fisioterapeutas, sendo indicada para o controle da dor, reeducação muscular, fortalecimento e diminuição de edema. Entre esses, o controle da dor é o uso mais comum^{1,2}.

A estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) envolve a transmissão de energia elétrica de um estimulador externo para o sistema nervoso periférico, através de eletrodos de superfície conectados na pele³. É uma técnica simples e eficiente, muito utilizada para o alívio da dor⁴. Apesar disso, os estudos que investigam o efeito de diferentes parâmetros da TENS na modulação da dor apresentam resultados divergentes^{5,6}.

A TENS pode ser classificada em quatro modalidades: convencional, acupuntura, em rajadas (*burst*) e breve-intensa. A convencional tem baixa intensidade e alta frequência (10 a 200 Hz) e é comumente utilizada em dores agudas; a acupuntura tem alta intensidade e baixa frequência (2 a 4 Hz) e é mais usada em dores crônicas³.

A produção de analgesia ocorre por diferentes mecanismos. Na modalidade convencional estimulam-se preferencialmente as fibras de maior diâmetro (A-beta), fazendo com que a maior parte da modulação da dor ocorra em nível medular; na modalidade acupuntura estimulam-se fibras de menor diâmetro (A-delta), onde se acredita que ocorra analgesia principalmente no nível supraespinal (liberação de neuromoduladores endógenos e opióides), por supressão da transmissão e da percepção de estímulos nocivos da periferia^{3,7}.

A eficácia da TENS pode variar de acordo com o tempo de duração de pulso, frequência, polaridade e forma de onda^{5,8,9}. Modelos experimentais de dor são usados para representar clinicamente essa sensação e tornam possível o controle de variáveis, como intensidade e duração. Esses modelos utilizam diferentes tipos de estímulos: frio, mecânico, elétrico e isquemia¹⁰. O modelo de dor induzida pelo frio é um método simples que envolve um risco mínimo de lesão tecidual e a dor cessa após a remoção

do estímulo. Durante esse teste, uma sensação dolorosa é gerada pelos receptores de temperatura, que começam a enviar estímulos de um possível dano tecidual pelas vias periférica (fibras C e A-delta) e central (espinotalâmica e espinoreticular), resultando na sensação de dor induzida pelo frio¹¹.

Muitos estudos já foram realizados para investigar os diferentes parâmetros da TENS na dor induzida experimentalmente¹²⁻¹⁶, mas até o presente não existe um consenso sobre a melhor frequência a ser utilizada no tratamento da dor aguda. Walsh *et al.*¹⁷ investigaram o efeito da TENS de baixa frequência (4 Hz) e de alta frequência (110 Hz) na dor isquêmica, encontrando que a TENS de baixa frequência teve melhor efeito analgésico que a de alta frequência. Porém o mesmo grupo de pesquisadores, em outro estudo¹⁸, verificaram o efeito da TENS em diferentes frequências e durações de pulso durante a dor mecânica e constataram que a TENS de alta frequência (110 Hz) proporcionou maior analgesia.

A literatura tem se mostrado escassa em relação ao uso de diferentes modalidades de TENS na dor aguda, e os estudos disponíveis apresentam resultados conflitantes. Ashton *et al.*¹⁹ compararam o efeito de duas frequências da TENS (8 Hz e 100 Hz) na dor induzida pelo frio, encontrando que a TENS de 8 Hz produz maior analgesia, comparada com a de 100 Hz e ao grupo placebo. Em contrapartida, Johnson *et al.*¹² relataram que a TENS com frequências entre 20 Hz e 80 Hz produz maior analgesia.

Além disso, o posicionamento de eletrodos adotado em estudos semelhantes pode levar a um viés, uma vez que pressupõe a estimulação do nervo mediano – e, no modelo experimental de indução da dor pelo frio, toda a mão é submetida ao estímulo nociceptivo. Desse modo, seria interessante verificar o uso da TENS na dor induzida pelo frio adotando um posicionamento de eletrodos que priorizasse a estimulação de dermatômos e miótomos relacionados às regiões anteriores e posteriores do punho e da mão. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito da TENS convencional (na frequência de 80 Hz) e da TENS acupuntura (frequência 4 Hz) so-

bre a dor induzida pelo frio, adotando o posicionamento de eletrodos acima mencionado.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na Universidade Cidade de São Paulo e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da instituição. Trinta voluntários saudáveis foram recrutados, com idades entre 18 e 40 anos, de ambos os sexos (15 homens e 15 mulheres), tendo todos assinado um termo de consentimento livre e esclarecido. Os critérios de exclusão foram: apresentar na mão não-dominante algum problema ortopédico, neurológico, doença circulatória, hipersensibilidade ao frio ou lesões de pele na área em que são colocados os eletrodos (superfície ventral e dorsal do antebraço); e, ainda, tolerar a imersão na água a 0°C por mais de 5 minutos. Os voluntários foram distribuídos em três grupos: placebo (n=10), TENS convencional (n=10) e TENS acupuntura (n=10).

O protocolo de indução da dor pelo frio foi constituído de seis ciclos idênticos, cada um com a duração de dez minutos, totalizando uma hora de teste. Cada ciclo (Figura 1) começava com o sujeito colocando a mão não-dominante (até parte distal do punho) na água morna (37°C). Após cinco minutos o sujeito transferia a mão para a água fria (0°C). O voluntário foi instruído a se concentrar na sensação da mão imersa até o ponto em que essa sensação se tornasse dolorosa – e, depois, retirar a mão da água quando não suportasse mais a dor. O tempo decorrido (em segundos) até o momento em que relatou a sensação de dor foi cronometrado e considerado a variável limiar de dor. O tempo decorrido desde o limiar de dor até o momento em que o sujeito retirou a mão da água foi considerado a variável tolerância à dor. Na seqüência, o voluntário marcou em uma escala visual analógica (EVA) a intensidade da dor numa reta de 0 a 10 cm, onde 0 significa ausência de dor e 10 significa a pior dor imaginável. A partir disso, o sujeito permaneceu em repouso até se completarem os dez minutos do ciclo. O ciclo seguinte recomeçou com a reimersão da mão na água morna¹³.

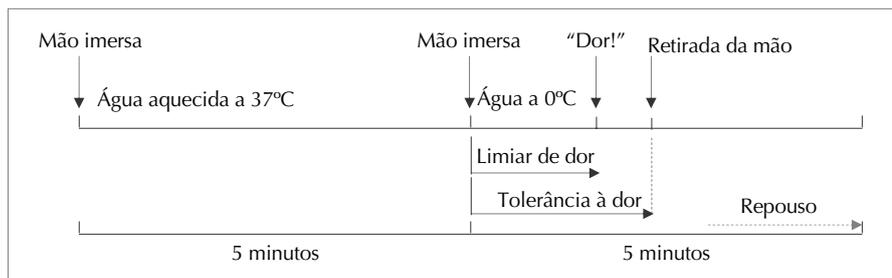


Figura 1 Esquema ilustrativo do protocolo do ciclo de indução da dor pelo frio

Para a manutenção da água morna (37°C) elaborou-se um instrumento constituído de um recipiente de aço inox (10x25x15 cm), uma resistência elétrica e um termostato digital, revestidos por material isolante térmico. A resistência elétrica foi instalada sob o recipiente de inox para evitar qualquer risco de queimaduras ou choques aos voluntários. Para a manutenção da temperatura da água foi utilizado um termômetro específico para o meio aquático (IncoTerm). Para a avaliação do limiar de dor e tolerância à dor foi utilizado um cronômetro (Oregon, modelo SL210).

A estimulação elétrica foi aplicada apenas em seguida aos ciclos 3 e 4 (20 minutos de tratamento sem interrupção). Dois ciclos adicionais (ciclos 5 e 6) finalizaram o protocolo após a utilização da estimulação elétrica. Assim, duas medidas pré-intervenção, duas medidas durante a intervenção e duas medidas pós-intervenção foram obtidas²⁰.

O equipamento utilizado no experimento foi Dualpex (961 Quark). A TENS foi aplicada através de dois canais: dois eletrodos na superfície ventral e dois eletrodos na superfície dorsal do antebraço. O primeiro eletrodo foi colocado três cm a partir da primeira prega do punho e o segundo eletrodo foi disposto a dois cm do primeiro. Foram utilizados eletrodos não-adesivos (borracha siliconada com carbono) de 6x5 cm, juntamente com um meio condutivo (gel hipoalergênico à base de água).

A TENS convencional foi utilizada com frequência de 80 Hz ($T=200\mu s$) e a TENS acupuntura com uma frequência de 4 Hz ($T=200\mu s$). No grupo submetido a TENS convencional foi mantido um nível de intensidade forte, porém confortável, e no grupo submetido a TENS acupuntura, o nível de intensidade mantido foi no momento em que houve con-

trações musculares fortes, porém confortáveis. Os sujeitos do grupo placebo foram submetidos ao protocolo com o aparelho desligado.

A análise dos dados foi feita com o pacote estatístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences for Windows v.11.5). Todos os testes foram realizados considerando hipóteses bilaterais e assumindo o nível de significância $\alpha=5\%$. O período pré-tratamento foi considerado a média dos ciclos 1 e 2, e foi utilizado como base para a comparação

com os ciclos 3 e 4 (tratamento) e 5 e 6 (pós-tratamento). A comparação das médias das variáveis limiar de dor, tolerância à dor e intensidade da dor entre o período pré-tratamento e os ciclos 3, 4, 5 e 6 (separadas pelos grupos convencional, acupuntura e placebo) foram feitas pela análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas²¹.

RESULTADOS

A comparação da média das variáveis limiar de dor, tolerância à dor e intensidade da dor nos ciclos 1 e 2 (pré-tratamento) não detectou diferenças significativas entre os ciclos ($p=0,702$; $0,507$; $0,319$, respectivamente). Assim, pode-se considerar que nesses ciclos, os três grupos (placebo, acupuntura e convencional) eram homogêneos entre si. Os valores medidos de limiar de dor, tolerância à dor e intensidade da dor são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Limiar de dor e tolerância à dor (em segundos) e intensidade de dor (em cm da escala visual analógica) nos três grupos (média \pm desvio padrão) antes, durante e após o tratamento e valor de p da diferença entre os ciclos

Variável	Pré-tratamento	Tratamento		Pós-tratamento		p
Grupos (n=10)	Ciclos 1 e 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	
Limiar (s)						
Convencional	16,4 \pm 4,3	16,7 \pm 4,7	15,9 \pm 6,1	21,4 \pm 10,1	21,2 \pm 9,8	0,5310
Acupuntura	13,9 \pm 3,4	16,7 \pm 4,3	15,0 \pm 2,5	16,9 \pm 2,6	17,6 \pm 3,1	0,4446
Placebo	12,2 \pm 2,4	10,2 \pm 1,8	13,3 \pm 3,0	16,3 \pm 4,2	16,2 \pm 2,4	0,0605
Tolerância (s)						
Convencional	39,3 \pm 9,6	39,6 \pm 7,8	42,2 \pm 12,6	57,6 \pm 18,2	65,9 \pm 30,6	0,4100
Acupuntura	42,1 \pm 11,5	40,6 \pm 9,8	38,9 \pm 6,0	42,1 \pm 11,5	40,2 \pm 5,4	0,9950
Placebo	27,4 \pm 4,5	24,0 \pm 5,2	22,7 \pm 2,9	24,9 \pm 6,1	24,7 \pm 2,4	0,8586
Intensidade (cm)						
Convencional	4,5 \pm 0,7	4,7 \pm 0,8	5,3 \pm 0,7	4,9 \pm 0,7	5,1 \pm 0,9	0,5871
Acupuntura	5,8 \pm 0,4	6,1 \pm 0,5	6,3 \pm 0,4	6,9 \pm 0,5	7,1 \pm 0,5	0,3363
Placebo	5,1 \pm 0,5	6,1 \pm 0,4	5,6 \pm 0,5	6,0 \pm 0,7	6,5 \pm 0,6	0,0574

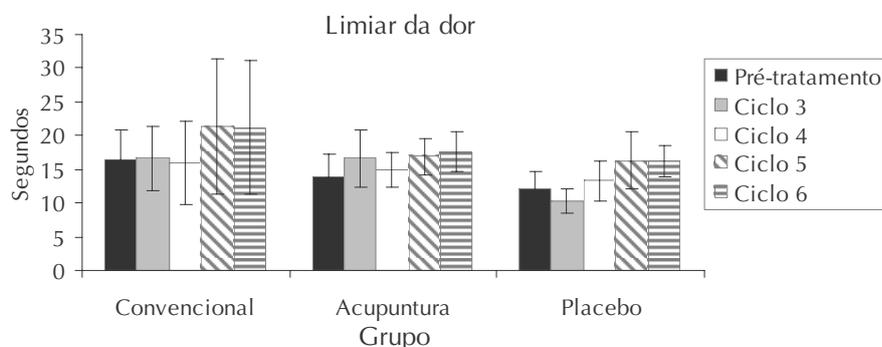


Figura 2 Limiar de dor (s, média e erro padrão) no período pré-tratamento e nos ciclos 3, 4, 5 e 6 dos grupos (n=10) convencional, acupuntura e placebo

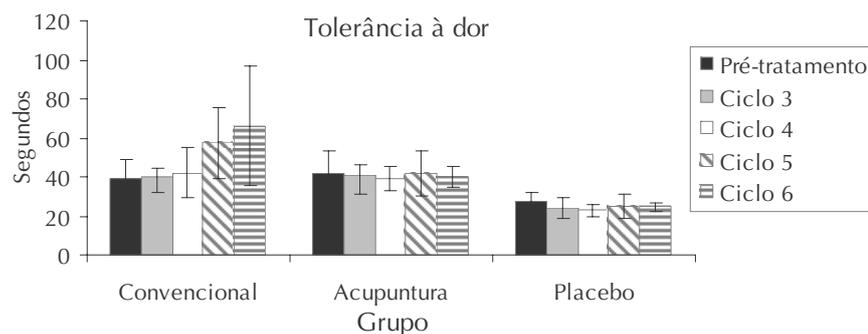


Figura 3 Tolerância à dor (s, média e erro padrão) no período pré-tratamento e nos ciclos 3, 4, 5 e 6 nos grupos convencional (n=10), acupuntura (n=9) e placebo (n=9)

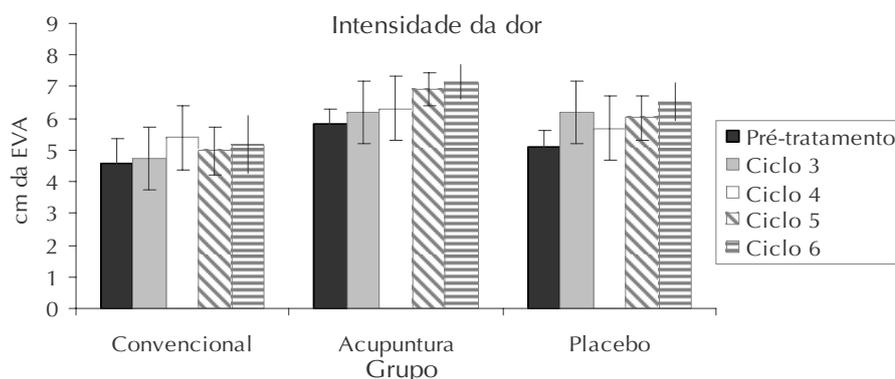


Figura 4 Intensidade da dor (cm da escala visual analógica – EVA), média e erro padrão) no período pré-tratamento e nos ciclos 3, 4, 5 e 6 dos grupos (n=10) convencional, acupuntura e placebo

Na Figura 2 são apresentados os valores da variável limiar de dor para cada grupo, em cada ciclo. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os ciclos nos grupos. Os intervalos demarcados pelas barras indicam os erros-padrão de cada ciclo.

Quando avaliada a tolerância à dor, dois sujeitos dos grupos acupuntura e placebo foram excluídos da pesquisa, pois tiveram tolerância ao frio que ultrapassou os 5 minutos do protocolo. Na Figura 3 são apresentados os valores da variável tolerância à dor para cada grupo, em cada ciclo. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os grupos nem entre os ciclos.

Na Figura 4 são apresentados os valores da variável intensidade da dor avaliada pela EVA para cada grupo, em cada um dos ciclos considerados no estudo. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os grupos ou ciclos.

DISCUSSÃO

A estimulação elétrica nervosa transcutânea é um recurso já consagrado na modulação de dores agudas e crônicas, sendo utilizada diariamente como parte do arsenal de recursos disponíveis ao fisioterapeuta²²⁻²⁴. Seu mecanismo de ação passou a ser melhor compreendido após a postulação da teoria das comportas por Melzack e Wall²⁵, sendo determinado que a estimulação de fibras nervosas aferentes de grosso calibre (mielinizadas) e rápida velocidade de condução (A-beta) poderia inibir a passagem de estímulos nociceptivos que estariam sendo transmitidos pelas fibras lentas do tipo A-delta e tipo C.

Uma das modalidades da TENS é a chamada acupuntura, que produz contrações musculares por alta intensidade e baixa frequência (2 a 4 Hz). Essa modalidade produz analgesia preferencialmente pela ativação das fibras de pequeno diâmetro e liberação de opióides no sistema nervoso central^{3,26}.

Johnson²⁶, em um estudo que avaliou os efeitos das diferentes frequências da TENS na dor induzida pelo frio, observou que não há diferença significativa entre homens e mulheres na reação à dor experimental. Foi com base nesses resultados que, no presente trabalho, os voluntários foram igualmente distribuídos entre os sexos (quinze homens e quinze mulheres).

A escolha do protocolo de indução da dor pelo frio no presente estudo – composto por 6 ciclos de 10 minutos cada (2 ciclos pré-tratamento, 2 ciclos tratamento e 2 ciclos pós-tratamento) – deve-se a sua ampla utilização na literatura²⁷⁻³⁵.

Alguns autores optaram por adotar protocolos com tempo de tratamento maior. Johnson²⁶, Johnson *et al.*²⁷ e Stephenson e Walker³⁶ utilizaram um protocolo composto por 6 ciclos (2 ciclos pré-tratamento e 4 ciclos tratamento), onde cada ciclo tinha duração de 15 minutos, totalizando 60 minutos de tratamento. Johnson *et al.*¹³ adotaram um protocolo com 8 ciclos (2 pré-tratamento, 3 tratamento e 3 pós-tratamento), onde cada ciclo tinha a duração de 10 minutos, totalizando 30 minutos de tratamento.

Vários estudos^{28-32,35} utilizaram um protocolo onde o ponto de tolerância à dor é pré-determinado (30 s). Porém, durante um teste piloto realizado para este estudo, verificou-se que muitos voluntários não toleravam esse tempo imposto, de modo que este seria um fator de exclusão no estudo. Adotou-se assim um protocolo no qual a tolerância à dor é determinada pelo próprio voluntário – o que já havia sido utilizado em alguns estudos^{26,27,36}.

Para quantificar a intensidade da dor de maneira fidedigna, foi utilizada a escala visual analógica (EVA), que é uma escala amplamente utilizada pela literatura em geral e, também, pelos estudos que adotaram o protocolo de dor induzida pelo frio^{26-31,33-36}.

A tolerância à dor, outra variável aqui avaliada, é pouco relatada pelos autores, tendo sido analisada apenas por Johnson²⁶ e Johnson *et al.*²⁷, em trabalhos que observaram os efeitos analgésicos nas diferentes frequências e durações de pulso da TENS na dor induzida pelo frio em sujeitos normais.

Nos estudos que utilizaram o protocolo de indução da dor pelo frio, os autores não relatam como, e com que instrumento, ocorre a manutenção da água morna durante todo o ciclo (60 minutos). Na falta dessa informação, para este estudo foi elaborado um instrumento onde a água foi aquecida a 37°C e essa temperatura foi mantida durante todo o protocolo. Essa informação é de grande importância para estudos que venham adotar esse protocolo, pois permite que futuros pesquisadores utilizem o mesmo instrumento aqui utilizado.

Vários autores^{13,26,28,29,33} preconizaram um posicionamento de eletrodos apenas na superfície ventral do antebraço, visando estimular o nervo mediano. O presente trabalho adotou um posicionamento de eletrodos tal que envolve os dermatomos e miótomos correspondentes ao sítio doloroso, uma vez que o estímulo doloroso ocorrerá em toda a mão, e não somente nas áreas inervadas pelo nervo mediano. Além disso, esse posicionamento visa uma melhor eficácia do mecanismo de ação de ambas as modalidades (TENS convencional e TENS acupuntura).

Os parâmetros utilizados na TENS convencional e TENS acupuntura foram selecionados conforme o que a literatura tem mostrado. Johnson *et al.*⁶ observaram que a frequência de 80 Hz produziu maior elevação no limiar de dor. Sluka *et al.*³⁷ e Walsh *et al.*¹⁷ utilizaram a frequência de 4 Hz para a TENS acupuntura, sendo que este último estudo observou que a frequência de 4 Hz foi a única a demonstrar um efeito analgésico significativo. A duração de pulso utilizada no presente estudo foi selecionada devido à sua ampla utilização em estudos semelhantes^{13,26,27,33}.

O presente estudo não apresentou diferenças estatisticamente significantes

entre os ciclos nos grupos (placebo, convencional e acupuntura). É provável que esses resultados tenham sido decorrentes da vasta variabilidade do limiar de dor na população, como citam Johnson e Tabasam³¹.

Johnson³⁸ preconiza o tempo de tratamento para a TENS convencional de pelo menos 30 minutos e, para a TENS acupuntura, de em média 20 minutos. Portanto, outro fator determinante dos resultados encontrados pode ter sido a escolha do protocolo com tempo de tratamento de 20 minutos. Johnson e Tabasam³¹ adotaram esse mesmo protocolo e também não encontraram diferenças estatisticamente significantes em seus resultados. Em contrapartida, Shanahan *et al.*³³ utilizaram um protocolo semelhante ao do presente estudo para comparar a TENS e terapia interferencial, tendo como resultado uma maior efetividade da TENS no aumento do limiar de dor. Ward e Oliver³⁴ e Aaskorg *et al.*³⁹ também realizaram um estudo com 20 minutos de eletroestimulação e obtiveram resultados positivos quanto ao limiar de dor. Outros estudos que utilizaram um tempo de tratamento superior a 20 minutos obtiveram dados significantes em relação ao aumento do limiar de dor^{12,13,27,29,30}.

Considerando os mecanismos de ação da TENS convencional e da TENS acupuntura, sugere-se que o tempo de tratamento de 20 minutos talvez não seja suficiente para produzir um efeito analgésico eficaz no limiar, na tolerância e na intensidade da dor induzida pelo frio, principalmente na modalidade convencional.

A TENS acupuntura tem uma particularidade no efeito pós-tratamento devido à liberação de opióides no sistema nervoso central, que ocorre de maneira

progressiva e lenta. A eficácia da TENS acupuntura foi observada no estudo de Johnson *et al.*¹³, que usaram um modelo experimental com tempo de tratamento de 30 minutos. O comportamento do limiar de dor no pós-tratamento mostrou-se mais eficaz na TENS acupuntura quando comparado às outras modalidades da TENS, o que não foi verificado no presente estudo, com menor tempo de tratamento.

Para realização de estudos futuros que comparem a TENS convencional com a TENS acupuntura na dor induzida pelo frio, é interessante utilizar um protocolo com tempo de tratamento superior a 20 minutos, como fizeram Johnson *et al.*¹³, objetivando-se melhor eficácia no mecanismo de ação dessas modalidades.

Além disso, sugere-se um aumento da amostra na tentativa de diminuir o valor de desvio-padrão, e que seja realizado um estudo cruzado, de modo a minimizar a interferência da variabilidade do limiar de dor de cada sujeito. Ward e Oliver³⁴ realizaram um estudo cruzado com 19 sujeitos, no qual cada voluntário participou de todos os grupos do estudo, sendo possível avaliar o limiar de dor do mesmo sujeito em diferentes tratamentos.

CONCLUSÃO

Como não houve diferença no limiar, intensidade ou tolerância à dor induzida pelo frio entre os ciclos nos grupos investigados, pode-se dizer que a estimulação elétrica nervosa transcutânea, nas modalidades convencional e acupuntura, não surtiu efeito analgésico, nos parâmetros de aplicação utilizados, sugerindo-se novos estudos com diferentes modelos de dor experimental e permitindo maiores tempos de aplicação da TENS.

REFERÊNCIAS

- 1 Selkowitz D. Electrical currents. In: Cameron MH, editor. *Physical agents in rehabilitation*. Philadelphia: WB Saunders; 1999. p.345-427.
- 2 Robertson VJ, Ward AR, Low J, Reed A. *Electrotherapy explained: principles and practice*. 4th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2006. p.45-89.
- 3 Han JS, Chen XH, Sun SL, Xu XJ, Yuan Y, Yan SC. Effect of low- and high-frequency TENS on Metenkephalin-Arg-Phe and dynorphin A immunoreactivity in human lumbar CSF. *Pain*. 1991;47(33):295-8.
- 4 Thompson J. The role of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for the control of pain. In: D. Doyle, editor. *International Symposium on Pain Control*. London: Royal Society of Medical Services; 1987. p.27-47.
- 5 Rao VR, Wolf SL, Gersh MR. Examination of electrode placements and stimulating parameters in treating chronic pain with conventional transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Pain*. 1981;11(1):37-47.
- 6 Jette DU. Effect of different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation on experimental pain. *Phys Ther*. 1986;66:187-90.
- 7 Gao M, He L. Increase of mu opioid receptor density in rat central nervous system following formalin nociception and its enhancement by electroacupuncture. *Acta Physiol Sin*. 1996;48:125-31.
- 8 Andersson SA, Hansson G, Holmgren E, Renberg O. Evaluation of the pain suppressing effect of frequencies of peripheral electrical stimulation in chronic pain conditions. *Acta Orthop Scand*. 1976;47:149-57.
- 9 Mannheimer C, Carlsson CA. The analgesic effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in patients with rheumatoid arthritis: a comparative study of different pulse patterns. *Pain*. 1979;6:329-34.
- 10 Woolf CJ. Transcutaneous electrical nerve stimulation and the reaction to experimental pain in human subjects. *Pain*. 1979;7(2):115-27.
- 11 Walsh NE, Schoenfeld L, Ramamurthy S, Hoffman J. Normative model for cold pressor pain. *Am J Phys Med Rehabil*. 1989;68:6-11.
- 12 Johnson MI, Ashton CH, Bousfield DR, Thompson JW. Analgesic effects of different frequencies of transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects. *Pain*. 1989;39:231-6.
- 13 Johnson MI, Ashton CH, Thompson JW. Analgesic effects of acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on cold-induced pain (cold pressor pain) in normal subjects. *Eur J Pain*. 1992;13:101-8.
- 14 Claydon LS, Chesterton LS, Barlas P, Julius S. Effects of simultaneous dual-site TENS stimulation on experimental pain. *Eur J Pain*. 2008;12:696-704.
- 15 Chesterton LS, Foster NE, Wright CC, Boxter GD, Barlas P. Effects of TENS frequency, intensity and stimulation site parameter manipulation on pressure pain thresholds in healthy human subjects. *Pain*. 2003;106:73-80.
- 16 Tong KC, Lo SK, Cheing GL. Alternating frequencies of transcutaneous electric nerve stimulation: does it produce greater analgesic effects on mechanical and thermal pain thresholds? *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88:1344-49.
- 17 Walsh DM, Liggett C, Baxter GD, Allen JM. A double-blind investigation of the hypoalgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation upon experimentally induced ischaemic pain. *Pain*. 1995;61(11):39-45.
- 18 Walsh DM, Foster N, Baxter D, Allen D, Allen JM. Transcutaneous electrical nerve stimulation: relevance of stimulation parameters to neurophysiological and hypoalgesic effects. *Am J Phys Med Rehabil*. 1995;74(3):199-206.
- 19 Ashton H, Ebenezer I, Golding JF, Thompson JW. Effects of acupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects. *J Psychosom Res*. 1984;28:301-8.
- 20 Johnson MI, Tabasam G. A double-blind placebo controlled investigation into the analgesic effects of interferential currents (IFC) and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on cold-induced pain in healthy subjects. *Physiother Theory Pract*. 1999;15:217-33.
- 21 Bussab WO, Morettin PA. *Estatística básica*. 5a ed. São Paulo: Saraiva; 2003.
- 22 Roche PA, Wright A. An investigation into the value of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for arthritic pain. *Physiother Theory Pract*. 1990;6:25-33.
- 23 Sotosky J, Lindsay S. Use of TENS in arthritis management. *Bull Rheum Dis*. 1991;40:3-5.
- 24 Aubin M, Marks R. The efficacy of short-term treatment with transcutaneous electrical nerve stimulation for osteo-arthritic knee pain. *Physiotherapy*. 1995;81:669-75.
- 25 Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science*. 1965;150:971-8.
- 26 Johnson MI. Acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation (AL-TENS) in the management of pain. *Phys Ther Rev*. 1998;3:73-93.

Referências (cont.)

- 27 Johnson M, Ashton C, Bousfield D, Thompson J. Analgesic effects of different pulse patterns of transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects. *J Psychosom Res.* 1991;35:313-21.
- 28 Johnson MI, Din A. Ethnocultural differences in the analgesic effects of placebo transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in healthy subjects: a preliminary study. *Complement Ther Med.* 1997;5:74-9.
- 29 Johnson MI, Penny P, Sajawal MA. An examination of the analgesic effects of microcurrent electrical stimulation (MES) on cold-induced pain in healthy subjects. *Physioter Theory Pract.* 1997;13:293-301.
- 30 Johnson MI, Wilson H. The analgesic effects of different swing patterns of interferential currents on cold-induced pain. *Physiotherapy.* 1997;83(9):461-7.
- 31 Johnson MI, Tabasam G. An investigation into the analgesic effects of different frequencies of the amplitude-modulated wave of interferential currents therapy on cold-induced pain in normal subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;83:1387-93.
- 32 Johnson MI, Tabasam G. A single-blind investigation into the hypoalgesic effects of different swing patterns of interferential currents on cold-induced pain in normal subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84:350-7.
- 33 Shanahan C, Ward AR, Robertson VJ. Comparison of the analgesic efficacy of interferential therapy and transcutaneous electrical nerve stimulation. *Physiotherapy.* 2006;92(4):247-53.
- 34 Ward AR, Oliver WG. Comparison of the hypoalgesic efficacy of low-frequency and burst-modulated kilohertz frequency currents. *Phys Ther.* 2007;87(8):1056-63.
- 35 McManus FJ, Ward AR, Robertson VJ. The analgesic effects of interferential therapy on two experimental pain models: cold- and mechanically induced pain. *Physiotherapy.* 2006;92:95-102.
- 36 Stephenson R, Walker EM. The analgesic effects of interferential (IF) current on cold-pressor pain in healthy subjects: a single blind trial of three IF currents against sham IF and control. *Physiother Theory Pract.* 2003;19:99-107.
- 37 Sluka KA, Bailey K, Bogush J, Olson R, Ricketts A. Treatment with either high or low frequency TENS reduces the secondary hyperalgesia observed after injection of kaolin and carrageenan into the knee joint. *Pain.* 1998;77:97-102.
- 38 Johnson MI. Transcutaneous electrical nerve stimulation. In: Kitchen S, Watson T, editors. *Electrotherapy: evidence-based practice.* Edinburgh: Churchill Livingstone; 2002. p.259-86.
- 39 Aaskorg R, Johnson MI, Demmink JK, Lofthus A, Iversen V, Martins RL, et al. Is mechanical pain threshold after transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) increased locally and unilaterally? A randomized placebo-controlled trial in healthy subjects. *Physiother Res Int.* 2007;12:251-63.