

TENS de baixa e alta frequência com longa duração de pulso não interfere na dor induzida pelo frio

Low and high frequency TENS of long-pulse does not interfere with the pain induced by cold temperature

Júlia de Freitas Rodrigues¹, Giselle Machado Magalhães Moreno¹, Nathalia Bayma de Albuquerque¹, Larissa Melo Rodrigues de Mariz¹, Eduardo José Nepomuceno Montenegro², Mauricy Alves da Motta³

RESUMO

Objetivo. O presente estudo teve como objetivo comparar os efeitos da TENS na dor induzida por crioestimulação em relação ao efeito placebo em voluntários jovens e hígidos. **Método.** Foram formados aleatoriamente os grupos TENS de alta (100 Hz) e baixa (10 Hz) frequência, com ondas bifásicas assimétricas balanceadas com duração de pulso de 1ms e o grupo placebo, com 15 voluntários em cada um, que passaram por seis ciclos de crioestimulação: dois sem tratamento (controle), dois com tratamento de TENS ou placebo, além de dois com estimulação posterior ao tratamento. Assim, em cada ciclo, a dor induzida por crioestimulação, promovida pela imersão da mão em água gelada (0°C a 2°C), foi quantificada a latência do limiar da dor e a intensidade da dor. **Resultados.** Os resultados mostraram valores da latência do limiar de dor e da intensidade da dor não significante, quando comparados os grupos (TENS de alta e baixa frequência e o placebo) e os ciclos (antes, durante e após a aplicação dos estímulos). **Conclusão.** Portanto, foi observado que dentro dos parâmetros utilizados, não houve redução da latência do limiar de dor e nem da intensidade da dor induzida pelo frio com o uso da TENS.

Unitermos. Dor, Temperatura Baixa, Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea, TENS.

Citação. Rodrigues JF, Moreno GMM, Albuquerque NB, Mariz LMR, Montenegro EJN, Motta MA. TENS de baixa e alta frequência com longa duração de pulso não interfere na dor induzida pelo frio.

ABSTRACT

Objective. This study aimed to compare the effects of TENS on pain induced by cryostimulation (cold) in relation placebo effect in young and healthy volunteers. **Method.** At random groups of high (100Hz) and low (10 Hz) frequency TENS, with asymmetric balanced biphasic waves, with pulse duration of 1ms and the placebo group, with 15 volunteers in each one, which went through six cycles of cryostimulation: two without treatment (control), two with treatment with TENS or placebo, and two with post-stimulation treatment. Thus, in each cycle the pain induced by cryostimulation, promoted by immersing the hand in frozen water (0°C to 2°C) was measured the latency of the pain threshold and intensity of the pain. **Results.** The results showed the value of the pain threshold and intensity of was not statistically significant when compared the groups (high and low frequency TENS and placebo) and cycles (before, during and after application of stimuli). **Conclusion.** Therefore, it was observed inside the used parameters, there was no reduction in the latency of the pain threshold and no even in the intensity of the pain induced by the coldness with the use of TENS.

Keywords. Pain, Cold Temperature, Transcutaneous Electric Nerve Stimulation, TENS.

Citation. Rodrigues JF, Moreno GMM, Albuquerque NB, Mariz LMR, Montenegro EJN, Motta MA. Low and high frequency TENS of long-pulse does not interfere with the pain induced by cold temperature.

Endereço para correspondência:
Prof. Dr. Eduardo JN Montenegro
R Quipapa 537/101
CEP 50800-080, Recife-PE, Brasil.
Email: eduardo.montenegro@ufpe.br

Trabalho realizado no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brasil.

1. Graduandas do curso de Fisioterapia na UFPE, Recife-PE, Brasil.
2. Fisioterapeuta, Doutor, Professor Adjunto II da UFPE, Recife-PE, Brasil.
3. Médico, Doutor, Professor Associado II da UFPE, Recife-PE, Brasil.

Artigo Original
Recebido em: 07/06/09
Aceito em: 12/08/09
Conflito de interesses: não

INTRODUÇÃO

A Associação Internacional para o Estudo da Dor (IASP - International Association for the Study of Pain) a define como uma experiência sensorial e emocional desagradável, associada com um dano tecidual real ou potencial, ou descrita em termos de tal dano. A aplicação da estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) tem como finalidade modular a sensação algíca em regiões do sistema nervoso central¹.

A TENS é definida pela Associação de Terapia Física Americana como a aplicação de estímulos elétricos sobre a superfície da pele para o controle da dor e trata-se de um método não invasivo, de baixo custo, seguro e de fácil manuseio. Dois tipos de TENS são mais utilizados clinicamente: o de baixa frequência (≤ 10 Hz) e o de alta frequência (≥ 50 Hz)¹. Embora esteja clinicamente bem estabelecida², sendo considerada a mais comum e importante forma de eletroanalgesia clínica³, o seu efeito analgésico não está totalmente entendido.

Os mecanismos propostos que atuam na analgesia são atribuídos aos efeitos de diferentes parâmetros de eletroestimulação sobre os nervos periféricos⁴. Os meios de ação e parâmetros utilizados vêm sendo investigados na tentativa de se aperfeiçoar os resultados⁵. Dentre as teorias que tem sido propostas para explicar o mecanismo de ação da TENS, a principal é a teoria da comporta da dor⁶, que teria um componente segmentar e outro supra-segmentar. O primeiro atuando na concorrência entre fibras grossas ($A\beta$ e $A\alpha$), finas ($A\delta$), e amielínicas (tipo C-polimodais) e o segundo na liberação de opióides endógenos⁷.

Os estudos mais comuns são realizados em seres humanos que analisam a eficácia da TENS no tratamento da dor clínica e poucas pesquisas focam a atuação da TENS frente aos diferentes modelos de dor experimental⁸. Os estudos em humanos sofrem limitações, sobretudo éticas, dando espaço a um maior número de pesquisas realizadas em animais⁷, cuja resposta não é necessariamente igual à dos humanos.

O limiar somato-sensorial de sujeitos saudáveis já foi mensurado para verificar se a TENS promove ou não alterações destes limiares para estímulos mecânicos e térmicos, com eletrodos acoplados tanto no segmento ipsilateral ao estímulo como também contralateral. Foi verificado que o limiar ipsilateral foi maior que o contralateral e que este limiar foi aumentado durante e após a aplicação da TENS⁹.

Estudos com sujeitos hígidos vêm se tornando cada vez mais comuns, através dos métodos de indu-

ção de dor sem que ocorra lesão tecidual, facilitando a interpretação das evidências encontradas^{10,11}.

Apesar da TENS ser aplicada clinicamente em larga escala, os equipamentos produzidos no Brasil, diferem em seus parâmetros, um deles é a duração do pulso, que pode variar em alguns equipamentos de $40\mu\text{s}$ até $300\mu\text{s}$ e em outros este parâmetro é fixado em 1ms. Com isso alguns pacientes são tratados com durações de pulso menores ($40\mu\text{s}/300\mu\text{s}$), enquanto outros são tratados com durações de pulso maiores (1ms). Na literatura científica especializada, encontrasse diversos trabalhos com durações de pulso menores, o mesmo não foi encontrado com durações de pulso maiores.

Portanto este artigo tem como objetivo verificar a influência da TENS de alta (100 Hz) e baixa (10 Hz) frequência na dor induzida por crioestimulação, com duração de pulso mais longo (1ms), comparando os seus resultados entre si e com aqueles obtidos pelo estímulo placebo, tendo dois ciclos sem estimulação inicial como referência.

MÉTODO

O protocolo foi o de uso mais comum entre aqueles que estudam analgesia elétrica em dor induzida pelo frio^{12,13}. Assim, foram recrutados 45 voluntários, com idade de 18 a 30 anos sendo 21 homens e 24 mulheres sem quaisquer quadros patológicos na região submetida à crioestimulação e sem uso atual de medicamentos ou drogas de qualquer tipo. Além disso, não apresentavam processo alérgico ou fobia à baixa temperatura usada e os participantes do gênero feminino não estavam em períodos pré-menstruais ou de fluxo catamenial. Nenhum deles tinha conhecimento prévio sobre TENS, mas foram informados sobre a técnica e o projeto, assinando o termo de consentimento livre e esclarecido. Todos só tiveram as respostas sobre a investigação realizada, ao final de todos os procedimentos experimentais. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) sob o nº 229/2006.

No desenho experimental, os voluntários foram divididos em três grupos de 15 sujeitos cada, de forma aleatória. O primeiro grupo, com TENS de baixa frequência (10 Hz); o segundo grupo com TENS de alta frequência (100 Hz) e o terceiro, o grupo Placebo, que foi submetido à ação simulada de TENS. Deste modo, o desenho é classificado como teste cego de grupo paralelo controlado por placebo.

Foi usada a técnica de indução de dor por expo-

sição à baixa temperatura, conhecida como *cold pressor test*, bastante usado em estudos similares¹⁴, foi inicialmente concebida - há quase sete décadas - para uso em diagnóstico de hipertensão arterial sistêmica¹⁵.

Estimulação elétrica

Os pulsos da TENS de baixa frequência foi gerado pelo equipamento TENSYS ET 9771 KLD, (Amparo SP) - largamente utilizado em clínicas de fisioterapia - com frequência de 10 Hz e duração de pulso de 1ms, onda bifásica assimétrica balanceada com intensidade limitada no limiar motor durante 20 minutos. No grupo da TENS de alta frequência (100 Hz) (TENSYS ET 9771 KLD) os pulsos também foram de 1ms de duração, com pulsos de igual perfil, mas com intensidade regulada para o limiar sensitivo e com o mesmo tempo de aplicação (20 minutos). Os parâmetros do equipamento foram previamente analisados através do osciloscópio (Gould Advance OS250BTV, Chicago USA). A duração do pulso de 1ms foi efetuada com o objetivo de verificar se pulsos mais longos que os habituais (40µs até 300µs) promovem efeito no modelo de dor induzida pelo frio, já que este equipamento é utilizado nas clínicas fisioterápicas usando esta duração de pulso.

O grupo Placebo submeteu-se aos mesmos procedimentos, porém sem estimulação elétrica real, pois os voluntários foram informados que receberiam pulsos de microcorrente. Este efeito placebo foi obtido com o equipamento ligado e mostrando *leds* acesos durante o tratamento, mas o canal onde estavam conectados os eletrodos estava inativo. De fato o canal ativado era o outro, responsável pelo sinal luminoso. Os voluntários tinham a impressão vívida de que o equipamento estava funcionando, portanto deveriam estar recebendo estimulação elétrica.

Crioestimulação

Inicialmente, cada voluntário imergia sua mão não dominante espalmada e com os dedos estendidos verticalmente até abaixo da prega do punho, em água morna (37°C) acondicionada em um recipiente (balde) plástico com capacidade de vinte litros durante 5 min. A água foi aquecida à temperatura de 37°C através de um Ebulidor mergulhão aquecedor de água com o controle da temperatura efetuado através do termômetro de mercúrio INCOTERM L-212/04. O aquecedor foi recolocado dentro do recipiente plástico para aquecer a água sempre que se ouve necessidade, tendo o cuidado de não o colocar quando o voluntário estava com a mão dentro do recipiente.

Passados os cinco minutos, a mão foi retirada e colocada em um outro recipiente de plástico similar ao citado acima, mas agora com água gelada, entre 0° a 2°C (o controle da temperatura foi efetuado através do termômetro de mercúrio INCOTERM L-212/04). Sempre que necessário, foi adicionado mais gelo na água para que a temperatura permanecesse na faixa desejada (próximo ao ponto de fusão da água). A partir de então o tempo decorrido (em segundos) até o surgimento da sensação dolorosa foi registrado como a medida da latência do limiar da dor; neste ponto era solicitado que o voluntário permanecesse com a mão na água gelada por mais 30s (Figura 1-a). Ao término desse tempo ou quando a dor se tornava insuportável, era solicitada a retirada da mão e a quantificação da sensação dolorosa através de uma escala visual analógica (EVA) em valores de 0 a 10 (0 = ausência de dor; 10 = dor máxima)¹². Após um intervalo de descanso, que era variável entre os indivíduos, mas o suficiente para completar a metade do ciclo de 5 minutos - já que cada ciclo durou 10 minutos - o voluntário retornou a colocar sua mão por mais 5 minutos na água morna. A reimersão da mão na água morna (37° C) foi realizada para tentar recuperar os parâmetros vitais da mão testada, para poder dar continuidade aos ciclos experimentais. Este procedimento foi utilizado em cada ciclo após a retirada da mão do voluntário da água gelada¹³.

Ciclos experimentais

As aplicações da estimulação térmica e elétrica nos três grupos experimentais como visto na Figura 1-b, obedeceram aos seguintes ciclos: 1) controle - sem uso da TENS até 20 minutos; 2) TENS - com uso da estimulação elétrica (TENS ativado ou o placebo) até 40 minutos; 3) pós-TENS, depois da aplicação de TENS (real ou placebo) até completar aproximadamente uma hora de experimento. Assim cada ciclo foi repetido duas vezes, completando 6 ciclos no total.

Durante a crioestimulação, o controle (dois ciclos) foi utilizado como a mensuração basal para a latência do limiar de dor e para a intensidade de dor. Nos grupos da TENS de baixa e alta frequência foi realizada o mesmo procedimento, mas agora os voluntários receberam um tratamento por estimulação elétrica real, durante o ciclo de tratamento com a TENS (dois ciclos), que começou no início do terceiro ciclo e terminou no fim do período de recuperação do quarto ciclo de crioestimulação. Note-se que a estimulação elétrica foi contínua (20 minutos). Nos ciclos pós-TENS (dois ciclos), iniciados logo após o período de recuperação (5 minutos) anterior, o voluntário era novamente subme-

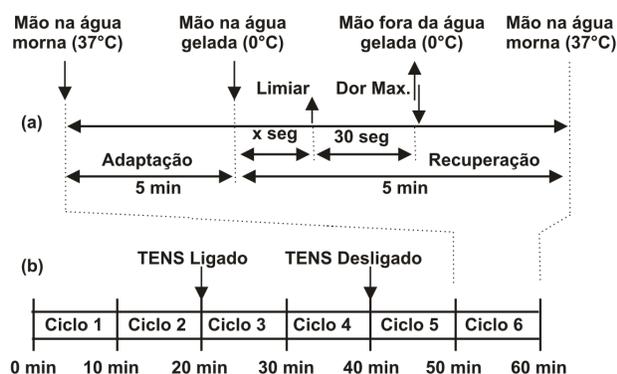


Figura 1. Representação esquemática do procedimento experimental da criestimulação: (a) procedimentos em cada ciclo; (b) discriminação do tempo de experimentação em cada voluntário (modificado de Shanahan¹⁴).

tido a mais dois procedimentos iguais aos do controle, ou seja, sem estimulação elétrica, agora para avaliação do pós-efeito ou efeito residual do tratamento administrado pela eletroestimulação da etapa anterior. O grupo placebo também passou pelo mesmo procedimento, só que durante os ciclos de estimulação elétrica o que ocorreu foi o processo de indução.

A colocação de dois eletrodos de borracha condutora com área de 15 cm² cada um, foi efetuada com gel de contato. Seus cabos foram conectados a um canal e fixados a 15 cm da prega do punho na pele, na face interna e na externa do antebraço da mão testada.

Tratamento estatístico

As medidas de dispersão da amostra foram apresentadas com valores de média \pm desvio padrão (latência do limiar da dor) e mediana \pm desvio padrão (intensidade da dor). Para a comparação da latência do limiar de dor entre os ciclos de experimentação (controle, TENS ou placebo e pós-TENS) dentro de cada grupo e para a análise entre os grupos (TENS de baixa e alta frequência e o placebo) foi utilizado o teste

de ANOVA (um critério). Para a intensidade da dor, foi utilizado o teste de Friedman para analisar as variações entre os ciclos (controle, TENS ou placebo e pós-TENS) dentro do grupo e para a comparação entre os grupos (TENS de baixa e alta frequência e o placebo) foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$ para todos os testes. O programa de estatística utilizado para esta análise foi Biostat versão 1.0.

RESULTADOS

Latência do Limiar da Dor

Na latência do limiar de dor do grupo tratado com TENS de baixa frequência, não foi encontrado resultado estatístico entre os ciclos controle ($19,37 \pm 11,60$) durante ($21,54 \pm 13,48$) e após ($21,99 \pm 13,83$) o uso da TENS (Tabela 1).

No TENS de alta frequência, após a análise dos dados foi verificado que não ocorreu significância entre os ciclos controle ($27,55 \pm 14,36$), durante o tratamento ($27,98 \pm 10,9$) e após o tratamento ($29,57 \pm 9,01$) (Tabela 1).

Os resultados do grupo placebo no controle ($25,41 \pm 13,46$), na TENS simulado ($27,06 \pm 15,39$) e no pós-TENS simulado ($28,32 \pm 19,61$) quando comparados entre si, também não mostrou diferença estatística nos valores do limiar de dor (Tabela 1).

Entre os grupos experimentais também não foi encontrado diferença estatística nos seus respectivos ciclos.

Intensidade da dor

A intensidade da dor do grupo tratado com TENS de baixa frequência, não sofreu alterações estatísticas entre os ciclos controle ($7,25 \pm 1,93$) durante ($7,62 \pm 2,06$) e após ($8,0 \pm 1,83$) o uso da TENS (Tabela 2).

Na TENS de alta frequência, após a análise dos dados foi verificado que não ocorreu nenhuma altera-

Tabela 1. Análise da latência do limiar de dor (tempo de imersão em segundos, média \pm desvio padrão) quando submetido aos ciclos de TENS de baixa e alta frequência e estímulo placebo. A diferença entre os momentos e os grupos experimentais não foi significativa. Teste de ANOVA um critério.

Tipo	Controle	TENS	Pós-TENS	Estatística
Baixa frequência	19,37 \pm 11,06	21,54 \pm 13,48	21,99 \pm 13,83	$p > 0,05$
Alta frequência	27,55 \pm 14,36	27,98 \pm 10,90	29,57 \pm 9,01	$p > 0,05$
Placebo	25,41 \pm 13,46	27,06 \pm 15,39	28,32 \pm 19,61	$p > 0,05$

Tabela 2. Análise da intensidade da dor local estimado pela EAV (valores em mediana \pm desvio padrão), sob ação da TENS de baixa e alta frequência e estímulo placebo. A diferença entre os momentos e os grupos experimentais não foi significante. Teste de Friedman e Teste de Kruskal-Wallis, respectivamente.

Tipo	Controle	TENS	Pós-TENS	Estatística
Baixa frequência	7,25 \pm 1,93	7,62 \pm 2,06	8 \pm 1,83	p>0,05
Alta frequência	8,25 \pm 1,69	8,5 \pm 1,97	8,75 \pm 1,58	p>0,05
Placebo	7,5 \pm 1,97	7,75 \pm 1,27	8 \pm 1,58	p>0,05

ção significativa na intensidade da dor entre os ciclos controle (8,25 \pm 1,69), durante o tratamento (8,5 \pm 1,97) e após o tratamento (8,75 \pm 1,58) (Tabela 2).

Na análise da intensidade da dor do grupo placebo, não foi constatado significância na comparação entre o controle (7,5 \pm 1,97), TENS (7,75 \pm 1,27) e pós-TENS (8,0 \pm 1,58).

Entre os grupos experimentais também não foi encontrado diferença estatística nos seus respectivos ciclos.

DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que os parâmetros de TENS usados neste estudo não foram capazes de influenciar na latência do limiar da dor e na intensidade da dor.

As evidências experimentais indicam que a utilização da TENS, suas indicações e mecanismos de atuação não são simples de serem identificados e que estudos muito criteriosos e que possam ser reproduzidos em laboratórios distintos são essenciais para esclarecer o funcionamento da antinocicepção elétrica assim como a validação dos resultados obtidos.

Diversos modelos de dor induzida, sem que ocorra lesão tecidual, têm sido desenvolvidos para estudar os efeitos da TENS. Estes modelos recriam através de seus métodos, dois âmbitos de ação da dor, a sensorial, que é medida através da latência do limiar de dor e a afetiva, que é medida através da intensidade da dor¹⁶. Diversos parâmetros de TENS são aplicados para verificar quais são mais eficientes em combater esta dualidade.

Em nosso estudo, utilizamos o método de dor induzida pelo frio, que já é utilizado desde a década de 40 do século passado¹⁷ para investigar os efeitos da hipertensão local e da dor provocada pela vasoconstricção.

Pesquisadores utilizaram este método para estudar os possíveis efeitos da corrente interferencial na dor^{13,17}. Constataram que as frequências moduladas

de 20, 60, 100, 140, 180, e 220 Hz não produziram efeito em alterar a latência do limiar e a intensidade da dor em relação ao momento pré – tratamento, mas quando se altera o tempo de variação de depósito das frequências como de seis em seis segundos em uma varredura com frequências de 90-130 Hz, os resultados se tornam significantes em relação à varredura de um em um segundo. Ou seja, neste caso foi necessário apenas modificar a forma de depósito (tempo) da estimulação elétrica e efetuar uma varredura no espectro determinado de frequência para que surgisse o efeito.

Investigações prosseguiram analisando os efeitos de três tipos de TENS e constatou-se que elas interferiram no escore da intensidade da dor, em sujeitos saudáveis, submetidos a dor térmica (calor e frio) induzida, promovendo redução desta sensação¹⁸. Os sujeitos foram submetidos aos agentes álgicos por um período máximo de 120 segundos, antes, durante e após a aplicação da TENS. A duração do pulso elétrico foi mantida em 200 μ s. O que podemos observar é que esta avaliação deteve-se apenas em uma forma de apresentação da dor que foi a da intensidade (psicológico), e a avaliação foi efetuada por um período que não ultrapassou 120 segundos.

O nosso experimento perdurou por uma hora e analisou dois âmbitos da dor. Verificasse que uma das frequências de estimulação elétrica utilizada¹⁸ aproximasse da nossa, no nosso caso de 100 Hz e a outra¹⁸ de 90 Hz. Contudo, elas não são iguais; as durações de pulso foram bem distintas e provavelmente por ter estas diferenças, obtemos resultados distintos.

Torna-se difícil a ligação destes fatos para uma possível explicação, pois períodos de avaliação (momentos de avaliação da dor), durações de pulso e até frequências diferentes, torna-se incompatível uma comparação. Não sabemos se os pesquisadores¹⁸ conseguiram este resultado porque encontraram bons parâmetros de estimulação ou se estes parâmetros só são eficientes em períodos curtos de indução álgico, como também se estes interferem ou não no âmbito sensorial

da dor (latência do limiar de dor), caso que não foi avaliado.

A dor isquêmica induzida experimentalmente através de torniquetes (mecânico) também é utilizada para se estudar os efeitos da TENS. Foi constatado neste modelo que a TENS de baixa frequência (4 Hz) obteve um melhor resultado do que a de alta frequência (110 Hz) quando foi avaliada a intensidade da dor através da escala visual analógica (EVA). A de alta frequência obteve melhor resultado do que o grupo placebo e o grupo controle. Mas nenhum dos grupos apresentou diferenças quando comparados entre si, quando o foco de análise foi o questionário de dor de McGill¹⁹. Apesar destas análises (EVA e questionário de McGill) verificarem o caráter afetivo da dor, elas diferem quanto a sua abordagem, isto foi suficiente para que durante a interpretação dos dados de uma delas (EVA) ocorresse significância e a outra não. A duração do pulso das TENS utilizadas foi de 287 μ s.

A TENS de alta (100 Hz) e de baixa frequência (10 Hz) apresentaram eficácia na redução da intensidade da dor e no potencial evocado em sujeitos submetidos a estímulos térmicos provenientes de um equipamento de LASER de CO₂. Os pesquisadores inicialmente fizeram as medições basais e posteriormente aplicaram a TENS em grupos separados (100 Hz e 10 Hz) durante quinze minutos. Logo após, efetuaram o estímulo com o LASER. Em seguida, fizeram uma segunda análise e cinquenta minutos depois, efetuaram a terceira. Após avaliar os resultados, verificaram que ambas as frequências (100 Hz e 10 Hz) promoveram redução nos parâmetros de dor tanto no período logo após a aplicação da TENS como nos cinquenta minutos passados desta aplicação²⁰. A duração do pulso do estímulo elétrico foi de 200 μ s²⁰. Neste experimento ocorreu uma medição inicial da intensidade da dor e do potencial evocado, seguido da aplicação da TENS. Estes mesmos parâmetros foram analisados após e passados cinquenta minutos, mas não foi efetuada a análise destes parâmetros durante a aplicação.

Foi demonstrado que a TENS de alta frequência (90 Hz) promove uma diminuição na excitabilidade do córtex motor humano²¹, fato que já havia sido verificado com a TENS de baixa frequência tanto na parte sensitiva como na motora²². No nosso estudo, analisamos os dois aspectos da dor, antes, durante e após a aplicação da TENS e não constatamos nenhuma alteração durante e após a aplicação. Nossa análise pós-TENS foi efetuada no período de vinte minutos passados da aplicação enquanto os outros estudos^{20,22}

avaliaram em cinquenta minutos e em trinta minutos, respectivamente. A duração de pulso foi de 250 μ s²², próximo ao utilizado por outros pesquisadores²⁰.

Os tempos de avaliação no pós-TENS dos trabalhos acima estão muito próximos, constatando efeito significativo nas suas análises. Estes tempos também se aproximam do nosso momento de pós-avaliação que foi efetuado duas análises em vinte minutos, sendo pouco provável que diferenças tão pequenas de tempo possam influenciar no sistema para promover alterações tão drásticas nas hipóteses testadas, mas já a duração de pulso, se mostra com uma capacidade relevante de influenciar estes resultados.

Nos trabalhos citados acima^{20,22} estas foram informadas como sendo de 200 μ s e 250 μ s, respectivamente e no nosso caso de 1ms. Como este tempo de duração de pulso é restringido pelo circuito do equipamento que usamos, não podendo haver variações significativas, ficamos limitados a sua aplicação, no qual foi o objetivo do estudo.

Um fato nos chama a atenção. Para estimularmos o tecido nervoso com a corrente elétrica, necessitamos de uma quantidade de energia que é quantificada em Coulomb, ou seja, a quantidade de cargas elétricas depositadas no sistema. Segundo a curva de amplitude-duração, se ocorre aumento na amplitude da corrente elétrica é necessário que se reduza a duração do pulso, o inverso é verdadeiro, pois o que vale é a quantidade de cargas depositadas no sistema (Coulomb). Então quando se aplica uma corrente com duração de pulso curta (200 μ s) eleva-se a amplitude da corrente para que ela possa ser sentida pelo sujeito. Quando se aplica correntes com durações de pulso mais longas (1ms) usa-se amplitudes de correntes elétricas mais baixas. Em todos os trabalhos relatados acima, inclusive no nosso, a sensação foi de "formigamento", para a TENS de alta frequência e de abalo muscular para a TENS de baixa frequência, portanto as cargas elétricas depositadas no sistema foram próximas entre os trabalhos. Apesar disto foi verificado que os estímulos elétricos com pulsos de menores durações obtiveram resultados favoráveis em suas análises, já no nosso a hipótese foi nula.

Durante o estímulo térmico de baixa temperatura considerada nociva (<40°C), que no nosso caso foi de 0-2°C, as fibras nociceptoras tipos C e A δ (delta) são ativadas. Ainda não se conhece totalmente o mecanismo molecular da nocicepção térmica a baixa temperatura, mas já se tem evidências que canais de Na^v 1.8 (canais de sódio voltagem dependente 1.8) nestas fibras estão

envolvidos nesta despolarização e consequente inibição algica aos centros superiores responsáveis pela identificação da dor²³.

Como podemos observar na discussão deste trabalho, o parâmetro que mais diferiu entre as pesquisas citadas e o do nosso trabalho, foi à duração de pulso. Sugerimos que durações de pulso menores mesmo estando dependentes de amplitudes maiores para que a curva de amplitude-duração seja respeitada, promove influência direta ou indireta nestes canais voltagens dependentes acima citados, o que pode não acontecer com durações maiores de pulso. Estudos utilizando a técnica de *patch-clamp* são essenciais para comprovar ou não está hipótese.

A TENS é uma técnica largamente utilizada na clínica diária, apesar do seu mecanismo de atuação ainda não ser totalmente conhecido. Estudos experimentais com animais vem ganhando grandes proporções, embora muitos resultados alcançados não foram devidamente reproduzidos em humanos. O controle dos parâmetros físicos da estimulação elétrica, a localização dos eletrodos, o tempo de aplicação, o modelo de dor utilizado e a forma de análise deste modelo, devem ser bem estabelecidos para que contra-provas experimentais possam ser efetuadas.

CONCLUSÃO

A estimulação elétrica nervosa transcutânea com a frequência de 10 Hz e 100 Hz, com duração de pulso de 1ms, com onda bifásica assimétrica balanceada, não foi capaz de aumentar a latência e nem de reduzir a intensidade da dor induzida pela crioestimulação, como também não apresentou resultado significativo em relação ao placebo. Trabalhos em curso com modificação de localização e parâmetros, poderão ajudar a desvendar parte do mecanismo de ação da TENS.

REFERÊNCIAS

1. Robinson AJ, Snyder-Mackeler L. Clinical Electrophysiology: Electrotherapy and Electrophysiological Testing 2ed. Baltimore, MD, Williams and Wilkins, 1995, 430p.
2. Herken H, Tulgar M, Tulgar O. Psychophysical responses to experimentally induced heat and cold pain before, during and after Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation. *Neuromodulation* 2003;6:229-36.
3. Misiw JW, Jakson D. Electrical Stimulation, in: Braddom (Ed.), *Physical Medicine & Rehabilitation*, W.B. Saunders, Philadelphia, 1996, p.464-91.

4. Tomasso M, Fiore P, Camporeale A, Guido M, Libro G, Losito L, et al. High and low frequency transcutaneous electrical nerve stimulation inhibits nociceptive responses induced by CO2 LASER stimulation in humans. *Neuroscience Letters* 2003;342:17-20.
5. Tulgar M, Tulgar O, Herken H. Psychophysical responses to experimentally induced heat and cold pain before, during, and after transcutaneous electrical nerve stimulation. *Neuromodulation* 2003;6:229-36.
6. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: A new Theory, *Science* 1965;150:971-8.
7. 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;2:128-33.
8. Palmer ST, Martin DJ, Steedman WM, Ravey J. Effects of electric stimulation on C and a delta fiber-mediated thermal perception thresholds, *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85:119-28.
9. Walsh DM. Transcutaneous Electric Nerve Stimulation and acupuncture points. *Complementary Therapies in Medicine* 1996;4:133-5.
10. 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.
11. Stening K, Eriksson O, LisKarin Wahren L, Berg G, Mats Hammar M, Blomqvist A. Pain sensations to the cold pressor test in normally menstruating women: comparison with men and relation to menstrual phase and serum sex steroid levels. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2007;293:1711-6.
12. Johnson MI, Tabasam G. An Investigation into the Analgesic Effects of Interferential Currents and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Experimentally Induced Ischemic Pain in Otherwise Pain-Free Volunteers. *Phys Ther* 2003;83:208-23.
13. Johnson MI, Tabasam G. An Investigation into the analgesic effects of different frequencies of the amplitude-modulated wave of Interferential Current Therapy on Cold-induced pain in normal subjects. *Arch Phys Rehabil* 2003;84:1387-94.
14. Shanahan C, Ward AR, Robertson VJ. Comparison of the analgesic efficacy of interferential therapy and transcutaneous electrical nerve stimulation, *Physiotherapy* 2006;92:247-53.
15. Mitchell LA, Raymond A, MacDonald R, Brodie EE. Temperature and the Cold Pressor Test. *J Pain* 2004;5:233-8.
16. Solomon J, Shebshacvich V, Adler R, Vulsons S, Rosenbach A, Eisenberg E. The effects of TENS, heat, and cold on the pain thresholds induced by mechanical pressure in healthy volunteers. *Neuromodulation* 2003;6:102-7.
17. Johnson IM, Wilson H. The analgesic effects of different sing patterns of interferential currents on cold-induced pain. *Physiotherapy* 1997;83:461-7.
18. Tulgar M, Tulgar O, Herken H. Psychophysical Responses to Experimentally induced heat and cold pain before, during, and after transcutaneous electrical nerve stimulation. *Neuromodulation* 2003;6:229-36.
19. Walsh DM, Ligget C, Baxter D, Allen JM. A double-blind investigation of the hypoalgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation upon experimentally induced ischaemic pain. *Pain* 1995;61:39-45.
20. Tomasso M, Fiore P, Camporeale A, Guido M, Libro G, Losito L, et al. High and low frequency transcutaneous electrical nerve stimulation inhibits nociceptive responses induced by CO2 LASER stimulation in humans. *Neuroscience Letter* 2003;342:17-20.
21. Mina T, Oga T, Rothwell J, Satow T, Yamamoto J, Toma K, et al. short-term high-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation decreases human motor cortex excitability. *Neuroscience Letters* 2004;325:85-8.
22. Golding JF, Ashton H, Marsh R, Thompson JW. Transcutaneous electrical nerve stimulation produces variable changes in somatosensory evoked potentials, sensory perception and pain threshold. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 1986;49:1397-406.
23. Zimmermann K, Leffler A, Bades A, Cendan CM, Carr RW, Kobayashi J. Sensory neuron sodium channel Nav 1.8 is essential for pain at low temperatures. *Nature* 2007;447:855-9.