

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ACOMODAÇÃO EM TRÊS DIFERENTES MODOS DE APLICAÇÃO DA ELETROESTIMULAÇÃO NERVOSA TRANSCUTÂNEA (T.E.N.S.)

Beatriz Atolini de Souza (IC) e Daniel Rogerio de Matos Jorge Ferreira (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

A estimulação elétrica transcutânea (TENS) é um recurso da eletroterapia, classificada como uma corrente elétrica de baixa frequência e tem sido amplamente utilizada como recurso, não farmacológico, no alívio da dor aguda ou crônica, das mais diversas doenças. O efeito de habituação ou acomodação do estímulo que ocorre durante a aplicação da corrente, ainda é um ponto bastante discutido na literatura, e para contribuir com os achados científicos, o presente estudo tem como objetivo avaliar, se variados modos de aplicação da eletroestimulação transcutânea apresentam diferenças quanto ao número de acomodações, durante a aplicação. Participaram do estudo 90 indivíduos saudáveis, divididos em 3 grupos, os quais receberam a aplicação da corrente (TENS) na coxa direita, durante 20 minutos. Foram avaliados, o número de acomodações que cada participante obteve e a variação de intensidade. Após a análise dos resultados, observamos que o número de acomodações promovido pelo método convencional é significativamente maior que os demais métodos. Concluímos também, que mais pesquisas são necessárias para corroborar com os achados desse estudo.

Palavras-chave: Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea, Fisioterapia, Dor, Eletroterapia.

ABSTRACT

Transcutaneous electrical stimulation (TENS) is a resource of electrotherapy, classified as a low-frequency electrical current and has been widely used as a non-pharmacological resource in the relief of acute or chronic pain from the most diverse diseases. The effect of habituation or accommodation of the stimulus that occurs during the application of current is still a point widely discussed in the literature, and to contribute to the scientific findings, the present study aims to evaluate whether different

modes of application of transcutaneous electrical stimulation present differences in terms of to the number of accommodations during the application. 90 healthy individuals participated in the study, divided into 3 groups, in which they received the application of current (TENS) on the right thigh for 20 minutes. The number of accommodations that each participant obtained and the variation in intensity were evaluated. After analyzing the results, we observed that the number of accommodations promoted by the conventional method is significantly higher than the other methods. We also conclude that more research is needed to corroborate the findings of this study.

Keywords: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, Physiotherapy, Ache, Electrotherapy.

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros registros históricos do uso de estimulação elétrica para o alívio da dor originam-se desde a quinta dinastia do antigo Egito. A teoria do controle da dor (Teoria das Comportas), desenvolvida por Melzack e Wall é o mecanismo de ação mais aceito para explicar o efeito analgésico obtido com a eletroterapia, e proporciona uma base teórica para o uso de correntes elétricas no alívio da dor (RAMPAZO et. al., 2018). A estimulação elétrica transcutânea (TENS) tem sido amplamente utilizada como recurso não farmacológico no alívio da dor aguda ou crônica, das mais diversas doenças. Suas aplicações variam na intensidade, frequência, largura do pulso na estimulação e colocação dos eletrodos sob a pele (TELLES et.al.,2007).

Durante a aplicação da corrente elétrica, há uma acomodação da mesma, esse processo ocorre quando uma resposta fisiológica é constantemente diminuída, com a aplicação repetitiva de um mesmo estímulo (KRUEGER-BECK, et al., 2011). Por esta razão, a maioria dos dispositivos TENS, fornece a opção de modulação dos parâmetros atuais para evitar esses efeitos acomodativos (PANTALEÃO et. al., 2011).

Outro ponto levantado pela literatura está na diferença do efeito de acomodação entre o modo convencional e com pulsos modulados (burst), segundo estudos, pacientes tendem a apresentar acomodação à sensibilidade com o estímulo contínuo. Frente a isso, levantou-se o questionamento, se variações na forma da estimulação elétrica transcutânea, como ocorre na modalidade TENS burst,

apresentaria resultados de menor tendência à acomodação (SCHLEDER et. al., 2017).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A estimulação elétrica nervosa transcutânea envolve a transmissão de energia elétrica de um estimulador externo para o sistema nervoso periférico, através de eletrodos de superfície conectados na pele (MORIMOTO et.al., 2009). A utilização da corrente traz benefícios como alívio sintomático da dor crônica, aumento da circulação sanguínea local, alívio sintomático da dor aguda pós-traumática e pós-operatória.

A maioria das unidades TENS fornece uma corrente pulsada bifásica de baixa frequência entre 1 - 250 Hz (RAMPAZO et.al., 2018). A Associação Internacional para o Estudo da Dor (IASP) categoriza as técnicas de TENS em modo: convencional, ou seja, alta frequência, intensidade em nível sensorial (parestesia, não dolorosa), largura de pulso de 50 - 200 μ s (microssegundos). Acupuntura considerada de baixa frequência, intensidade em nível motor (micro contração) e largura de pulso de 100 - 400 μ s (FRANCIS et.al, 2011). Burst ou Tens de pulso, é caracterizado como estimulação de baixa frequência e alta intensidade, é aplicado sob ondas portadoras de alta frequência (80 a 100 Hz), moduladas em pacotes de pulso de baixa frequência (2 a 5 Hz), com pulso de longa duração (acima de 150 microssegundos) e amplitude suficiente para produzir contrações musculares fortes e visíveis, embora indolores (MACEDO et. al., 2015). As frequências baixas ativam os receptores liberando endorfinas opioides μ e as frequências altas ativam os receptores liberando endorfinas opioides δ (RAMPAZO, 2018). Sendo considerado, atualmente, pela literatura como baixa frequência, quando abaixo de 10Hz, e alta frequência, acima de 10Hz.

Várias teorias surgiram para explicar o mecanismo de ação de TENS, como a teoria do controle da dor de Melzack e Wall. Esta teoria propõe que a estimulação de fibras aferentes, de grande diâmetro (A - beta) ativa circuitos inibitórios locais no corno dorsal da medula espinal e previne impulsos nociceptivos transportados por fibras de pequeno diâmetro (A – delta e C) de alcançar centros cerebrais mais altos, resultando na excitação das células T ou inibição. A TENS em nível sensorial, portanto, atua por ativação seletiva das fibras sensoriais, aumentando sua entrada e inibindo as células T, diminuindo assim a dor por meio da inibição segmentar, sendo assim a analgesia cessará, quando o estímulo for encerrado. (PANTALEAO et.al.,2011; MACEDO et. al., 2015).

No entanto, existem agora dados muito mais detalhados sobre os mecanismos de ação da TENS que incluem vias anatômicas, neurotransmissores e seus receptores e os tipos de neurônios envolvidos na inibição. Como a teoria da liberação de opioides endógenos, segundo a qual, a substância cinza periaquedutal (PAG) envia projeções para a medula rostral ventromedial (RVM), que por sua vez envia projeções para o corno dorsal espinhal. A estimulação do PAG ou do RVM produz a inibição dos neurônios do corno dorsal, incluindo as células do trato espinotalâmico. É comumente aceito que a inibição mediada por opioides produz seus efeitos por meio da ativação da via PAG-RVM, resultando em analgesia e redução da dor. Além disso, os efeitos analgésicos da TENS duram mais que o tempo de estimulação de 8 a 24 horas, sugerindo outros mecanismos, além do bloqueio de entrada da periferia (SLUKA; WALSH, 2003).

As células nervosas transmitem informações umas para as outras por meio de impulsos elétricos denominados potenciais de ação (PA), tornando a comunicação dos neurônios similar a uma rede de circuitos eletrônicos. Potenciais de ação ocorrem o tempo todo em tecidos do corpo humano, coordenando suas funções, seja no estado de vigília, dormindo e em outros estados comportamentais (LAUGHLIN et. al., 2003; MARMARELIS, 1989; POPOVIC et.al., 2004; SHEEBA et.al., 2008).

O potencial de ação comporta-se de maneiras diferentes diante de diferentes estímulos físicos; quando um estímulo é muito lento e intenso o suficiente para despolarizar a célula, acontece o fenômeno da acomodação (HODKING et. al., 1952; STONEY et. al., 1969). A redução da frequência (de disparo da despolarização) após a exposição a um estímulo físico prolongado, como toque, alongamento muscular, exposição a odores e estimulação elétrica, caracteriza a adaptação (CHUNG et. al., 2002). A recuperação da adaptação (desadaptação) ocorre após o cessar do estímulo, e demora até que a frequência dos estímulos volte a ser normal (MOORE et. al, 1988).

Estudos em sapos indicaram que os gânglios espinais possuem rápida acomodação, necessitando de um incremento de amplitude muito rápido para evitar-se a acomodação, ao passo que os gânglios simpáticos apresentam menor grau de acomodação e os motoneurônios, muito menos dependência de um incremento rápido na amplitude para evitar a acomodação. (STONEY; MACHNE, 1969)

Em relação ao efeito de adaptação, acomodação e habituação recomenda-se que a intensidade de estímulo (duração do pulso ou amplitude do pulso) seja

constantemente ajustada, durante o tratamento para evitá-la. Tal efeito ocorre quando a estimulação elétrica continua a evocar potenciais de ação, mas há redução na resposta do sistema nervoso central (PANTALEAO et.al.,2011).

3. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo com 90 indivíduos, de ambos os sexos (45 homens e 45 mulheres), com idades entre 18 e 30 anos. Eles foram recrutados por conveniência e convite verbal, nos cursos de graduação da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Ao final da pesquisa foi enviado o resultado para o e-mail de cada participante.

Anteriormente da coleta de dados, foi realizado um questionário para verificar se os participantes se enquadravam nos critérios de inclusão, esse questionário foi enviado eletronicamente, via e-mail, para o preenchimento. Nele, continham: dados pessoais (nome, idade, sexo, peso, altura, e-mail e telefone de contato) e perguntas referente aos critérios de exclusão, se possui lesões ou danos nos nervos dos membros superiores, dor atual, gravidez, câncer, doença crônica, marcapasso cardíaco, epilepsia, alergias aos eletrodos, uso de analgésicos e doenças de pele.

O estudo foi realizado na clínica-escola do curso de Fisioterapia, no período vespertino, na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Para a estimulação com as correntes foi utilizado um estimulador elétrico fornecidos pela Carci, modelo Neuromed Multicorrentes Carci, com um par de eletrodos autoadesivos tamanho 5x9cm. Os participantes passaram por um processo de preparação, no qual foi solicitado a ficarem em decúbito dorsal na maca para que o membro inferior pudesse ser limpo com água e sabão, nas áreas de posicionamento dos eletrodos autoadesivos, o primeiro foi posicionado 5 cm acima da patela e o segundo eletrodo colocado paralelo e 10 cm acima do primeiro.

Os participantes foram divididos de maneira randomizada (sorteio) em três grupos, com 30 voluntários cada, sendo 15 mulheres e 15 homens; a formação do grupo aconteceu por meio de sorteio aleatório; cada grupo passou por um modo de aplicação da corrente: grupo convencional (GC), grupo acupuntura (GA), grupo burst (GB), em todos os grupos foram aplicadas a técnica de colocação bipolar dos eletrodos. Antes da coleta de dados, foi aplicado um questionário, para verificar se os participantes se enquadravam nos critérios de inclusão e exclusão.

Tabela 1. Divisão dos grupos

GRUPOS	MULHERES	HOMENS
Grupo GC	14	14
Grupo GA	16	14
Grupo GB	14	14

Os parâmetros da TENS, no grupo de alta frequência mais tradicionalmente chamado de convencional foram de 100Hz, duração de pulso de 100 μ s. No grupo baixa frequência contínua, mais tradicionalmente chamado de acupuntura as frequências foram de 2Hz e duração de pulso 200 μ s. No grupo de baixa frequência pulsada, mais tradicionalmente chamado de burst, a frequência de base foi 100Hz e modulada em 2Hz e duração de pulso de 200 μ s. O tempo de aplicação em todos os grupos foram de 20 minutos e a intensidade foi de acordo com a referência de parestesia (“formigamento”) forte em nível sensorial.

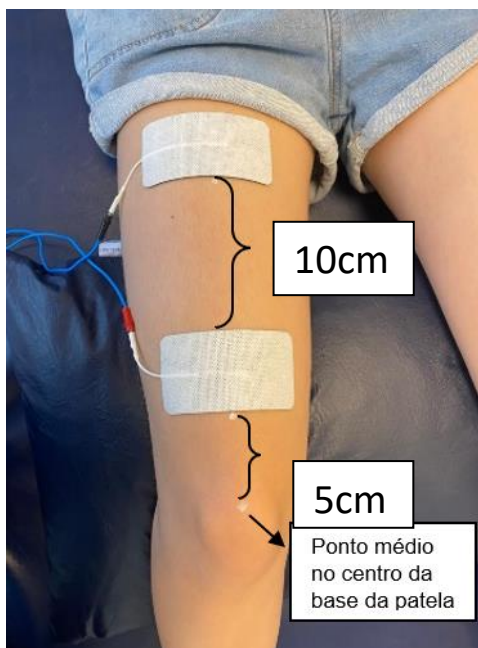
Tabela 2. Parâmetros de aplicação.

Grupos	Frequência	Largura de pulso
GC	100Hz	100 μ s
GA	2Hz	100 μ s
GB	100Hz (modulada em 2Hz)	200 μ s

Após a colocação dos eletrodos e a definição dos parâmetros, o avaliador (Beatriz Atolini) aumentou a intensidade da corrente gradualmente até o indivíduo relatar uma sensação de parestesia (“formigamento”) forte, o aparelho utilizado

apresenta um limite de intensidade máxima de 140mA, sem oferecer nenhum risco e malefício para o participante quando a intensidade é utilizada em nível sensitivo e abaixo do limiar máximo do aparelho. Os voluntários foram instruídos a dizer um “sim” assim que a sensação de parestesia (“formigamento”) da corrente diminuir, ou seja, quando ocorrer a acomodação. A intensidade da corrente foi aumentada até sentirem novamente uma parestesia forte, sem chegar ao nível motor (contração muscular), toda vez que os voluntários relataram a diminuição da sensação da corrente. Durante este período, o avaliador anotou quanto tempo o indivíduo demorou a dizer o primeiro “sim” e quantas vezes o voluntário repetiu o “sim”, tendo dessa forma os valores de limiar de acomodação (em minutos e segundos) e o total de acomodações, respectivamente (PIVETTA; BERTOLINI, 2012). O tempo de duração de participação do participante será de 40 minutos (5 minutos para preparação do participante, 20 minutos de aplicação, 5 minutos para retirada dos eletrodos e limpeza do participante e 10 minutos para higienização do local). Os recursos de eletroanalgesia utilizados no estudo, como também os parâmetros de utilização são seguros e eficientes em seu objetivo e bem documentados na literatura não expondo assim o voluntário a nenhum tipo de risco.

Figura 1. Colocação dos eletrodos nos grupos.



Devido a situação atual de pandemia, a coleta de dados ocorreu com apenas três indivíduos dentro do ambiente, sendo dois pesquisadores e um participante, evitando que ocorresse aglomerações e possibilitando o respeito do distanciamento (2 metros). Na entrada foi aferido a temperatura do participante por meio de um medidor de temperatura sem contato, só possibilitando a entrada dos indivíduos que apresentarem temperatura abaixo de 37,0 °C e não apresentar sinais ou sintomas gripais. O local de coleta possuía ventilação natural constante e disponibilizava lavatórios, dispensadores para álcool em gel 70% e materiais para higienização das mãos em áreas comuns. A higienização do ambiente foi realizada sempre que ocorrer a troca de participante, utilizando álcool 70% para higienizar todas as superfícies e equipamentos.

O uso de equipamentos de proteção e segurança foram indispensáveis, tanto para os participantes quanto para os pesquisadores. Os pesquisadores utilizaram máscara cirúrgica e luvas de látex descartáveis, além da higienização frequente das mãos e uso de álcool em gel. Foi obrigatório o uso de máscara de proteção pelo participante. O descarte desses objetos de uso pessoais (máscara, luvas, lenço) foi realizado em lixeiras de acionamento não manual.

Em caso de contaminação pelo SARS-CoV, seja dos participantes ou pesquisadores, seria suspensa, a coleta de dados por um tempo de 15 dias e o retorno ocorreria somente após o resultado negativo dos pesquisadores, além disso seria comunicado aos participantes que tiveram contato direto com os pesquisadores sobre a contaminação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo propôs avaliar e comparar os quesitos acomodação da corrente eletroestimulação nervosa transcutânea na variação de frequência (alta e baixa) em indivíduos saudáveis, bem como analisar se a variável de gênero possui interferência no fator de acomodação durante a aplicação terapêutica de 20 minutos. Estudos sobre o TENS, são de suma importância, pois esta corrente têm sido cada vez mais utilizadas como recurso não farmacológico no alívio da dor aguda ou crônica das mais diversas doenças. Os grupos do estudo foram homogêneos em relação a idade, IMC e o sexo (tabela 3).

Tabela 3. Caracterização da amostra

	Grupo Convencional	Grupo Acupuntura	Grupo Burst
IMC (Kg/m²)	1,81	22,28	22,55
Sexo F/M	14/14	16/14	14/14

Legenda: F- feminino; M- masculino; IMC- índice de Massa corporal

Os dados foram armazenados no software SPSS. As variáveis foram apresentadas por meio de média e desvio padrão. Os testes Shapiro Wilk foram utilizados para avaliar se as variáveis tinham distribuição normal. Para comparação entre os grupos foi utilizado o teste Kruskal Wallis com pos hoc de Dunn's e para a comparação entre os grupos e sexos foi aplicado o Teste Anova two – com os fatores sexo*grupo. O nível de significância adotado foi de 5%.

No presente estudo chegamos à conclusão de que o número de acomodações promovido pelo método convencional é significativamente maior que os demais métodos ($p=0,03$ para acupuntura; $p=0,02$ para burst). Por outro lado, não houve diferença entre os outros dois métodos. O estudo não apresentou diferença entre a intensidade necessária para manter o estímulo (diferença entre acomodação 1 e intensidade inicial) entre os métodos. Além disso, percebemos que, para manter o estímulo na sequência (depois da 1ª acomodação) a Acupuntura precisa de um estímulo mais forte com "tendência" significativa. Na comparação entre os gêneros não houve diferença em relação ao número de acomodações, a única diferença estatística foi no método burst no qual os homens apresentaram menor número de acomodações que as mulheres (valor $p < 0,05$).

Avaliamos também que em relação ao tempo que levou para gerar tanto a primeira, quanto a segunda acomodações, o método Burst leva mais tempo para gerar as acomodações, em comparação ao convencional, mas não é diferente do método acupuntura. O método acupuntura leva mais tempo, especialmente para gerar a segunda acomodação, mas estatisticamente, só o Burst ($p = 0,048$ para a primeira; $p = 0,035$ para a segunda).

Estudos já mostram que durante a aplicação do TENS há um desvanecimento na sensação da corrente. Esse fenômeno é geralmente atribuído à adaptação, habituação ou acomodação à estimulação elétrica. A adaptação é definida como a diminuição na frequência de potenciais de ação, e diminuição da sensação subjetiva de tal estímulo, sem haver mudança no estímulo aplicado (PANTALEÃO, M. A. et al, 2011).

Apesar de já existirem estudos que abordem diferentes frequências da TENS, há uma lacuna acerca de como as diferentes frequências atuam no processo de acomodação. Dessa forma, os valores de frequência e duração de pulso são discrepantes na literatura, não existindo um consenso sobre qual a melhor frequência ou sobre como cada frequência pode se comportar, o que dificulta e reduz a qualidade de intervenções.

A habituação ocorre quando a estimulação continua a evocar potenciais de ação, mas há uma redução na resposta do sistema nervoso central. O termo acomodação é usado para se referir a um aumento no potencial de limiar de membrana associado a uma corrente de despolarização aplicada lentamente (PANTALEÃO, M. A. et al, 2011). Segundo Spielholz e Nolan, o termo mais adequado é habituação, dada sua origem neurofisiológica. Alguns estudos experimentais mostraram que a habituação é produzida pela depressão sináptica de neurônios aferentes sensíveis quando estímulos repetitivos são aplicados. Nos livros didáticos de agentes eletrofísicos, recomenda-se que a intensidade do estímulo (duração do pulso ou amplitude do pulso) ser constantemente ajustado durante o tratamento para evitar adaptação, acomodação e habituação.

Spielholz e Nolan debateram qual era o termo adequado para descrever o fenômeno do desbotamento na sensação durante tens convencionais. Os autores propõem que a habituação melhor descreve essa resposta fisiológica que resulta em uma diminuição na liberação de neurotransmissores de um nervo diferente terminais devido à inativação dos canais na membrana pré-sináptica. Como resultado, os interneurônios locais e os neurônios de projeção ascendente não são mais despolarizados, embora os potenciais de ação continuem a ser transmitido em direção ao sistema nervoso central de fibras aferentes primárias.

Entretanto de acordo com um estudo feito por Sluka et al. mostrou que liberação de neurotransmissores continua na medula espinhal ao longo de um tratamento TENS

de 20 minutos. Assim, aumentando a amplitude para evitar habituação ao longo do tratamento poderia ativar um número maior fibras diferentes para aprimorada liberação de neurotransmissor no sistema nervoso central.

A intensidade é um fator importante para que não ocorra a perda do limiar de sensibilidade (parestesia forte), necessitando o aumento da mesma durante a aplicação, sempre que ocorrer a acomodação, para que assim se alcance o objetivo clínico (analgesia). O parâmetro intensidade já é bem documentado como fator prioritário para se manter os potenciais de ação alto e o efeito de analgesia se perdurar (MORAN *et al.*, 2011; BJORDAL; JOHNSON; LJUNGGREEN, 2012; SATO *et al.*, 2012).

A intensidade pode ser variada entre sensitivas e motoras. A intensidade sensorial é quando o paciente sente uma sensação forte, mas confortável, sem contração motora. A alta intensidade geralmente envolve uma contração motora, mas não é dolorosa. Em geral, a estimulação de alta frequência é fornecida na intensidade sensorial e a estimulação de baixa frequência é fornecida na intensidade motora. (DESANTANA, J. M. *et al.*, 2008.)

Um estudo feito por Raimundo *et al.* ao avaliarem o nível de serotonina sistêmica após a aplicação de corrente TENS de baixa (4 Hz) e alta frequência (100 Hz), obtiveram que frequências mais altas demonstraram maior liberação de serotonina em relação às mais baixas, e sendo esta, uma substância relacionada ao bem-estar, infere-se que frequências mais altas seriam mais agradáveis. Em razão disto, o mesmo estudo cita ainda que nas correntes de baixa frequência, a sensação de abalos musculares pode ter inibido a liberação de serotonina, o que não ocorreu nas altas frequências, pelo fato de atuarem apenas em nível sensorial, justificando assim os resultados obtidos. Concluiu-se, de acordo com os resultados obtidos nesta amostragem de indivíduos saudáveis, que tanto o limiar de acomodação quanto o número de acomodações não apresentaram diferenças significativas entre as frequências utilizadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste estudo em indivíduos saudáveis, concluiu-se que o número de acomodações promovido pelo método convencional é significativamente

maior que os demais métodos e que não há diferença significativa entre os outros dois métodos. A única diferença de comparação entre os gêneros foi no método burst, que apresentou uma diferença significativa em relação ao número de acomodações. Assim, novas pesquisas envolvendo participantes com algia poderia esclarecer melhor o fator acomodação.

6. REFERÊNCIAS

BJORDAL, J. M.; JOHNSON M. I.; LJUNGGREEN, A. E. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. **European Journal of Pain**, v. 7, n. 2, p. 181-188, jan. 2012.

CHEN, C. C.; JOHNSON, M. I. An Investigation Into the Effects of Frequency-Modulated Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) on Experimentally-Induced Pressure Pain in Healthy Human Participants. **Journal of Pain**, v. 10, n. 10, p. 1029–1037, 2009.

CHEN, C. C.; JOHNSON, M. I. An Investigation Into the Hypoalgesic Effects of High- and Low-Frequency Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) on Experimentally-Induced Blunt Pressure Pain in Healthy Human Participants. **Journal of Pain**, v. 11, n. 1, p. 53–61, 2010.

CHUNG, S.; LI, X.; NELSON, S. B. Short-term depression at thalamocortical synapses contributes to rapid adaptation of cortical sensory responses in vivo. **Neuron**, v. 34, n. 3, p. 437–446, 2002.

COWAN, S.; MCKENNA, J.; MCCRUM-GARDNER, E.; JOHNSON, M. I.; SLUKA, K. A.; WALSH, D. M. An Investigation of the Hypoalgesic Effects of TENS Delivered by a Glove Electrode. **J Pain**, v.10, n.7, p. 694-701, jul. 2009.

DESANTANA, J. M. et al. Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of hyperalgesia and pain. *Current Rheumatology Reports*, v. 10, n. 6, p. 492–499, 2008.

FRANCIS, R. P.; MARCHANT, P.; JOHNSON, M. I. Conventional versus acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in healthy human participants: Effects during stimulation. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 31, n. 5, p. 363–370, 2011.

HODGKIN AL, HUXLEY AF. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. **J Physiol**, 1952.

KRUEGER-BECK, E. et al. Potencial de ação: do estímulo à adaptação neural. **Fisioterapia em Movimento**, v. 24, n. 3, p. 535–547, 2011.

LAUGHLIN, S. B.; SEJNOWSKI, T. J. Communication in neuronal networks. **Science**, v. 301, n. 5641, p. 1870–1874, 2003.

MACEDO, L. B. et al. Effect of burst TENS and conventional TENS combined with cryotherapy on pressure pain threshold: Randomised, controlled, clinical trial. **Physiotherapy (United Kingdom)**, v. 101, n. 2, p. 155–160, 2015.

MARIANI, L.; DA SILVA, C. F.; BUZANELLO, M. R.; BERTOLINI, G. R F. Limiar de dor entre homens e mulheres com diferentes massas e percentuais de gordura. **Br JP**, v.3, n.1, Feb. 2020.

MARMARELIS, V. Z. Signal Transformation and Coding in Neural Systems. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 36, n. 1, p. 15–24, 1989.

MOORE, P.; ATEMA, J. A Model of a Temporal Filter in Chemoreception to Extract Directional Information from a Turbulent Odor Plume. **The Biological Bulletin**, v. 174, n. 3, p. 355–363, 1988.

MORAN, F.; LEONARD, T.; HAWTHORNE, S.; HUGHES, C. M.; MCCRUM-GARDNER, E.; JOHNSON, M. I.; RAKEL, B.; SLUKA, K. A.; WALSH, D. M. Hypoalgesia in Response to Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) Depends on Stimulation Intensity. **J Pain**, v.12, n.8, p. 929-935, ago. 2011.

MORIMOTO, Hisa Costa; YONEKURA, Márcia Yumi; LIEBANO, Richard Eloin. Estimulação elétrica nervosa transcutânea nas modalidades convencional e acupuntura na dor induzida pelo frio. **Fisioter. Pesqui.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 148-154, June 2009.

POPOVIC MR, THRASHER TA. Neuroprostheses. In: Bowlin GL, Wnek G, editors. Encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering. New York: Informa Healthcare; 2004. p. 1056-65.

PANTALEAO, M. A.; LAURINO, M. F.; GALLEGO, N. L. G.; CABRAL, C. M. N.; RAKEL, B.; VANCE, C.; SLUKA, K. A.; WALSH, D. M.; LIEBANO, R. E. Adjusting

Pulse Amplitude During Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) Application Produces Greater Hypoalgesia. **J Pain**, v.12, n.5, p. 581-590, mai. 2011.

PIVETTA, K. M.; BERTOLINI, G. R. F. Efeitos do ΔF sobre a acomodação da corrente interferencial em sujeitos saudáveis. **Rev Bras Med Esporte**, v.18, n.5, set./out. 2012.

RAMPAZO DA SILVA, É. P. et al. Study protocol of hypoalgesic effects of low frequency and burst-modulated alternating currents on healthy individuals. **Pain management**, v. 8, n. 2, p. 71–77, 2018.

RAIMUNDO, D. S. et al. Dosagem de serotonina sistêmica após aplicação da eletroestimulação nervosa transcutânea (TENS). *Fisioterapia em Movimento*, v. 22, n. 3, p. 365–374, 2009.

SATO, K. L.; SANADA, L. S.; RAKEL, B. A.; SLUKA, K. A. Increasing intensity of TENS prevents analgesic tolerance in rats. **The Journal of Pain**, v. 13, n. 9, p. 884-890, ago. 2012.

SCHLEDER, Juliana Carvalho et al. Estimulação elétrica nervosa transcutânea de intensidade e frequência variável tem ação analgésica mais duradoura que a estimulação elétrica nervosa transcutânea burst sobre a dor oncológica. **Rev. dor**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 316-320, Dec. 2017.

SHEEBA, V. et al. Circadian- and light-dependent regulation of resting membrane potential and spontaneous action potential firing of *Drosophila* circadian pacemaker neurons. **Journal of Neurophysiology**, v. 99, n. 2, p. 976–988, 2008.

SILVA, DDO et al. Efeitos de diferentes frequências da estimulação elétrica nervosa transcutânea em relação à acomodação e à agradabilidade. **Scientia medica**, v. 24, n. 3, pág. 264, 2014.

SLUKA, K. A.; WALSH, D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: Basic science mechanisms and clinical effectiveness. **Journal of Pain**, v. 4, n. 3, p. 109–121, 2003.

SPIELHOLZ, N. I.; NOLAN, M. F. Conventional TENS and the Phenomena of Accommodation, Adaptation, Habituation, and Electrode Polarization. *J.Clin Electrophysiol*, v. 7, n. 1, p. 16–19, 1995.

STONE, S. D.; MACHNE, X. Mechanisms of accommodation in different types of frog neurons. **The Journal of general physiology**, v. 53, n. 2, p. 248–262, 1969.

TELLES, E. R.; AMARAL, V.F. Estimulação elétrica transcutânea (TENS) em ginecologia e obstetrícia: alternativa nas síndromes dolorosas. *Femina*, Nov.2007.

Contato: atolinib@gmail.com e daniel.ferreira@mackenzie.br