



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

THAÍS ALVES BARRETO PEREIRA

**Efeito Preventivo da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) na
Dor Muscular Tardia em Indivíduos Destreinados**

ARACAJU-SE

2018

Thaís Alves Barreto Pereira

Efeito Preventivo da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) na Dor Muscular Tardia
em Indivíduos Destreinados

2018

THAÍS ALVES BARRETO PEREIRA

**Efeito Preventivo da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) na
Dor Muscular Tardia em Indivíduos Destreinados**

Defesa de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências da Saúde.

Orientador(a): Prof.^a. Dra. Josimari Melo de Santana

Co-orientador: Prof. Dr. Marzo Edir da Silva Grigolletto

ARACAJU-SE

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA BISAU
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Pereira, Thaís Alves Barreto

P436e Efeito Preventivo da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) na Dor Muscular Tardia em Indivíduos Destreinados / Thaís Alves Barreto Pereira ; Orientadora Josimari Melo de Santana ; Coorientador Marzo Edir da Silva Grigolletto. – Aracaju, 2018.

67 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal de Sergipe, 2018.

1. Dor muscular. 2. Exercício. 3. Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea. I. Santana, Josimari Melo de, orient. II. Grigolletto, Marzo Edir da Silva, coorient. III. Título.

CDU 61

THAÍS ALVES BARRETO PEREIRA

Efeito Preventivo da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) na Dor Muscular Tardia

Defesa de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências da Saúde.

Aprovada em: ____/ ____/ ____

Orientador(a): Prof^a. Dra. Josimari Melo de Santana

1º examinador: Prof. Dr. João Luiz Quagliotti Durigan

2º examinador 2: Prof^a. Dra. Karina Laurenti Sato

Dedico essa pesquisa ao meu amado marido, Paulo Autran Leite Lima, quem mais me incentivou a entrar na carreira acadêmica com sua dedicação e empenho à mesma, que tanto admiro.

Aos meus pais, Maria Auxiliadora Alves Barreto Pereira e Weliton de Ataíde Lino Pereira, que muito se dedicaram à minha educação, como pessoa e como profissional.

Aos meus irmãos, Lina e Gabriel de Ataíde Alves Barreto Pereira.
pelo companheirismo e carinho de sempre.

Minha eterna gratidão e reconhecimento por todo apoio e amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois a minha fé Nele me dá força, coragem e serenidade em todos os momentos da minha vida. Obrigada meu Espírito Santo, pela proteção.

A prof^a Dr^a Josimari Melo de Santana, minha orientadora, que faz jus ao nome ao ensinar visando o crescimento de cada aluno e nos guiar para o caminho do aprendizado. Pois ela me serve de inspiração como mulher e professora desde a graduação. Orgulho-me de fazer parte do LAPENE (Laboratório de Pesquisa em Neurociência), pois tenho a oportunidade de absorver todo o conhecimento que o grupo inteiro tem a dar. Muito obrigada!

Ao prof. Dr. Marzo Edir da Silva Grigolletto, meu co-orientador, pela disponibilidade de espaço físico e de troca de conhecimento, enriquecendo esta pesquisa. Assim como, a todos os seus alunos do Functional Trainnig Group (FTG), principalmente, Antônio Gomes Resende Neto, cuja ajuda foi fundamental para a realização desse projeto.

A minha companheira de mestrado, Mayara Alves Menezes por compartilhar comigo todos os desafios deste projeto e juntas o terminarmos com a sensação de dever cumprido.

Aos alunos de iniciação científica, Leonardo Tavares e Belissa Teles que muito contribuíram com a coleta de dados.

Aos voluntários que generosamente aceitaram participar dessa pesquisa e permitiram a sua realização.

A Fundação CAPES e a FAPITEC pelo apoio financeiro.

E, aos meus amigos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a minha vida, pessoal e profissional.

O meu sincero “muito obrigada” a todos!

RESUMO

Efeito Preventivo da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) na Dor Muscular Tardia em indivíduos destreinados, Thaís Alves Barreto Pereira, Aracaju-SE, 2018.

Introdução: A dor muscular tardia (DMT) é caracterizada por hipersensibilidade, dor à movimentação e redução da funcionalidade local. A TENS tem se mostrado eficaz na redução da severidade da dor associada a melhora de funcionalidade, como redução de fadiga e maior tolerância ao exercício. Porém, nenhum estudo avaliou a capacidade da TENS para prevenir a DMT quando aplicada antes do processo doloroso e, dessa forma, melhorar o desempenho físico ao exercício. **Objetivos:** Avaliar os efeitos imediatos e após 24h da TENS preventiva na dor e no desempenho físico na DMT de indivíduos destreinados. **Métodos:** Foram incluídos indivíduos destreinados para realizar o protocolo de DMT através de exercícios fatigantes de puxar e empurrar. Os voluntários foram divididos em: TENS ativa realizada antes do protocolo de DMT e TENS placebo. Os voluntários foram avaliados antes dos exercícios, reavaliados imediatamente depois e 24h após quanto a intensidade de dor, fadiga muscular, limiar de dor por pressão (LDP), potência muscular, tolerância física, somação temporal (ST), modulação condicionada da dor (MCD) e temperatura corporal. Para análise estatística, foram utilizados os testes T pareado e independente, Mann-Whitney, Wilcoxon e ANOVA de um fator. **Resultados:** Foram incluídos no projeto 44 voluntários. Verificou-se que a tolerância física ao exercício de remada na reavaliação imediata do grupo TENS ativa ($18,27 \pm 5,27$; IC 95%: 16,21 a 24) foi significativamente maior em comparação ao grupo TENS placebo ($15,51 \pm 6,21$; $p=0,03$; ; IC 95%: 13,32 a 18,93). O número de repetições diminuiu a cada série realizada nos dois grupos ($p<0,05$), mas foi significativamente maior na 5ª série do exercício de remada no grupo TENS ativa ($2,86 \pm 1,24$; IC 95%: 2,34 a 3,38) em comparação ao grupo TENS placebo ($1,81 \pm 0,79$; $p=0,001$; IC 95%: 1,55 a 2,27). Em ambos os grupos, houve aumento da intensidade de dor em repouso na reavaliação imediata (TENS ativa: $p=0,001$; IC 95%: 1,55 a 3,87; TENS placebo: $p=0,001$; IC 95%: 1,18 a 3,24) e de movimento a cada série do exercício ($p<0,05$), porém, sem diferença entre os grupos. O mesmo ocorreu para a fadiga em repouso (TENS ativa: $p=0,002$; IC 95%: 4,61 a 4,91; TENS placebo: $p=0,001$; IC 95%: 3,05 a 5,46) e em movimento ($p<0,05$). Nas variáveis de MCD e de ST, observou-se o fenômeno de inibição de dor e de somação de dor ($p<0,05$), respectivamente, mas não houve diferença entre os grupos. A potência muscular foi menor na reavaliação imediata nos dois grupos na reavaliação imediata (TENS ativa: $p=0,01$; IC 95%: 207,01 a 287,11; TENS placebo: $p=0,001$; IC 95%: 198,41 a 282,85), sem a recuperação na reavaliação de 24h e sem diferença significativa entre os grupos. Na termografia, detectou-se diferença estatisticamente significativa na temperatura do peitoral maior entre os grupos ($p=0,04$), sendo que no grupo TENS ativa não houve alteração da temperatura entre os momentos de avaliação e no grupo TENS placebo houve diminuição na reavaliação imediata ($p=0,01$; 32,36 a 33,70). **Conclusão:** Nossos resultados sugerem a utilização da TENS de forma preventiva para melhorar o desempenho físico na presença de DMT, sem o aumento de dor e de fadiga além do esperado.

Descritores: dor muscular; exercício; estimulação elétrica transcutânea do nervo

ABSTRACT

Preventive effect of TENS on delayed-onset muscle soreness in untrained individuals,

Thaís Alves Barreto Pereira, Aracaju-SE, 2018. Introduction: Delayed onset muscle

soreness (DOMS) induced is characterized by muscle soreness, pain to movement and reduction of functionality. TENS has been shown to be effective in reducing pain severity associated with improved function, such as reduced fatigue and increased exercise tolerance.

However, no study evaluated the ability of TENS, when applied prior to the painful process, to prevent DOMS and improve performance. **Aims:** evaluated the immediated effects of preventive TENS on pain and performance in DOMS of untrained individuals. **Methods:**

Untrained individuals were included to perform DOMS protocol with functional push and pull

movements. Volunteers were proportionally divided into: active TENS performed before DOMS protocol and placebo TENS. Volunteers were evaluated before exercise, reassessed

immediately after and 24h after the intensity of pain, muscle fatigue, pressure pain threshold (PPT), muscle power, physical tolerance, temporal summation (TS), conditioned pain

modulation (CPM) and body temperature. A reassessment of all variables measured after 24

hours of DOMS. For statistical analysis, the paired and independent T tests, Mann-Whitney, Wilcoxon and one-way ANOVA were used. **Results:** 44 volunteers were included in the

project. It was found that the physical tolerance to rowing exercise in the immediate re-evaluation of the active TENS group (18.27 ± 5.27 , 95% CI: 16.21 to 24) was significantly

higher in comparison to the placebo TENS group (15.51 ± 6.21 , $p = 0.03$, 95% CI: 13.32 to 18.93). The number of repetitions decreased in each series performed in both groups ($p < 0.05$), but was significantly higher in the 5th series of the row exercise in the active TENS

group (2.86 ± 1.24 , 95% CI: 2, 34 to 3.38) compared to the placebo TENS group (1.81 ± 0.79 , $p = 0.001$, 95% CI: 1.55 to 2.27). In both groups, there was an increase in the pain intensity at rest in the immediate re-evaluation (active TENS: $p = 0.001$, 95% CI 1.55 to 3.87, placebo TENS: $p = 0.001$, 95% CI: 1.18 to 3,24) and of movement in each exercise series ($p < 0.05$), but without differences between groups. The same occurred for fatigue at rest (active TENS: $p = 0.002$, 95% CI: 4.61 to 4.91, TENS placebo: $p = 0.001$, 95% CI: 3.05 to 5.46), and on the move ($p < 0.05$). In the MCD and ST variables, we observed the phenomenon of pain inhibition and pain summation ($p < 0.05$), respectively, but there was no difference between the groups. Muscle power was lower in immediate reassessment in both groups at immediate reassessment (active TENS: $p = 0.01$, 95% CI: 207.01 to 287.11, TENS placebo: $p = 0.001$, 95% CI: 198.41 to 282.85), without recovery in the 24-h reevaluation and without significant difference between the groups. In the thermography, a statistically significant difference was found in the pectoralis major temperature between the groups ($p = 0.04$), and in the active TENS group there was no change in the temperature between the moments of evaluation and

in the TENS placebo group there was a decrease in the reassessment immediate ($p = 0.01$, 32.36 to 33.70). Conclusion: Our results suggest the use of TENS in a preventive way to improve physical performance in the presence of DMT, without the increase of pain and fatigue beyond that expected.

Keywords: muscle soreness; transcutaneous electrical nerve stimulation; exercise

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma dos voluntários da pesquisa	34
Figura 2: Função de membro superior (de 1 a 30, segundo DASH), nos grupos TENS ativa e TENS placebo, na avaliação e reavaliação imediata.	35
Figura 3: Frequência respiratória (ipm) medido por meios de oxímetro nos grupos TENS ativa e TENS placebo na avaliação e na reavaliação imediata.	36
Figura 4: Intensidade de dor medida pela escala numérica (0 a 10), nos grupos TENS ativa e TENS placebo.	37
Figura 5: Modulação condicionada da dor (MCD) nos grupos TENS ativa e TENS placebo.	39
Figura 6: Somação temporal da dor medido pela escala numérica (0 a 10).	40
Figura 7: Fadiga muscular medida pela escala numérica (0 a 10) nos grupos TENS ativa e TENS placebo.	41
Figura 8: Tolerância física ao exercício de remada nos grupos TENS ativa e TENS placebo.	43
Figura 9: Número de repetições realizadas ao longo de 5 séries no exercício de remada nos grupos TENS ativa e TENS placebo.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características gerais da amostra dos grupos TENS ativa e TENS placebo.	35
Tabela 2: Limiar de dor por pressão (kg/cm ²) nos músculos peitoral maior e grande dorsal.	38
Tabela 3: Limiar de dor por pressão (kg/cm ²) nos músculos tibial anterior e flexores do antebraço.	38
Tabela 4: Potência muscular (watts) nos exercícios de remada e de supino dos grupos TENS ativa e TENS placebo.	42
Tabela 5: Temperatura cutânea (graus) dos músculos peitoral maior e grande dorsal direito dos grupos TENS ativa e TENS placebo.	45
Tabela 6: Temperatura cutânea (graus) dos músculos peitoral maior e grande dorsal esquerdo dos grupos TENS ativa e TENS placebo.	45

LISTA DE ABREVIATURAS

CVM: contração voluntária máxima

DASH: questionário de função de membro superior

DMT: dor muscular tardia

IPAQ: questionário internacional de atividade física

LDP: limiar de dor por pressão

MCD: modulação condicionada da dor

PARQ+: questionário de presença de fatores de risco

RM: resistência máxima

ST: somação temporal

TENS: estimulação elétrica nervosa transcutânea

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 DMT	16
2.2 TENS	18
3. OBJETIVOS	22
3.1 Objetivo geral	22
3.2 Objetivos específicos	22
4. CASUÍSTICA E MÉTODOS	23
4.1 Aspectos éticos	23
4.2 Tipo de estudo	23
4.3 Critérios de inclusão e exclusão	23
4.4 Cálculo do tamanho amostral	24
4.5 Delineamento experimental	24
4.6 Grupos de estudo	25
4.7 Procedimento de indução de dor muscular pelo exercício	26
4.8 Variáveis mensuráveis	27
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
6. RESULTADOS	34
7. DISCUSSÃO	46
8. CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido	60
APÊNDICE B – Questionário de fatores de risco para atividades físicas	62
ANEXO A <i>Questionário internacional de atividade física (IPAQ)</i>	63
ANEXO B - <i>Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire (DASH)</i>	65

1. INTRODUÇÃO

A dor muscular tardia (DMT) é caracterizada por hipersensibilidade, dor à movimentação e diminuição de funcionalidade local, com pico de dor um a dois dias após um exercício físico, que pode perdurar por até 10 dias (BISHOP *et al.*, 2011; CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; CLARKSON *et al.*, 1992). O estímulo nociceptivo repetitivo provocado pelo exercício contribui para o aumento da gravidade da dor (ARENDRT-NIELSEN; GRAVEN-NIELSEN, 2008; NIE *et al.*, 2006).

Vários estudos mostram que a atividade física exacerba a dor clínica de pacientes crônicos, prejudicando a adesão aos exercícios terapêuticos (LAMBIN *et al.*, 2011; SULLIVAN *et al.*, 2002, 2009). Na população de atletas, o dano muscular recorrente gera alterações da função neuromuscular e na biomecânica da articulação, causando reduções na performance e no retorno ao treino, além, de um potencial risco de lesão (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; SAYERS; DANNECKER, 2004). Porém, poucos estudos têm investigado a somação temporal através da atividade física e como esta afeta o desempenho físico.

O exercício físico com contrações excêntricas é o método que melhor reproduz a DMT, podendo ser executado de uma maneira controlada para produzir, temporariamente, dor, danos musculares e teciduais (DANNERCKER; SLUKA, 2011; MANKOVSKY-ARNOLD *et al.*, 2013). A explicação parece decorrer da sensibilização dos nociceptores periféricos dos grupos III e IV das fibras musculares aos estímulos nocivos de estiramento e de pressão pelas forças de contração excêntrica (MENSE, 1993).

Nas pesquisas mais recentes, os mecanismos centrais envolvidos na DMT têm sido evidenciados. Foi observado que algumas áreas cerebrais motoras e somatosensorial (córtex motor primário contralateral, opérculo parietal e giro supramarginal bilateral) são mais ativadas durante o movimento na presença de DMT do que ao mesmo movimento na ausência de dor (MATSUDA *et al.*, 2015). Além disso, em um estudo com animais, verificou-se que a fadiga está mais relacionada à hiperalgesia do que a marcadores periféricos musculares (SLUKA; RASMUSSEN, 2011). Esses estudos evidenciam adaptação do córtex motor à dor.

Pouca evidência existe até o momento sobre os recursos fisioterapêuticos utilizados para o tratamento da DMT, possivelmente, devido à grande variabilidade metodológica empregada (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; SAYERS; DANNECKER, 2004). A estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) é um recurso não invasivo e não farmacológico, produz analgesia através da liberação de opióides endógenos no sistema

nervoso central e no periférico, reduz excitabilidade dos neurônios nas vias da dor e ativa mecanismos inibitórios descendentes da dor (DESANTANA et al., 2008; KALRA; URBAN; SLUKA, 2001; NOEHREN et al., 2015). A TENS é eficaz para várias condições dolorosas, em particular, dores musculoesqueléticas agudas e crônicas (DAILEY et al., 2013; JOHNSON; MARTINSON, 2007; NOEHREN et al., 2015; VANCE et al., 2012). A redução da gravidade da dor em estudos com humanos e da hiperalgesia em estudos com animais estão associadas com melhora de funcionalidade, como redução de fadiga, de dor ao movimento e melhora de tolerância física (DAILEY et al., 2013; MANKOVSKY-ARNOLD et al., 2013; NOEHREN et al., 2015; VANCE et al., 2012).

Os mecanismos da DMT induzida pelo exercício têm sido evidenciados pela necessidade de modificações nas intervenções terapêuticas e na forma das prescrições de exercícios para o melhor aproveitamento do exercício com menos efeitos nocivos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Dor muscular tardia (DMT) induzida por exercício

O exercício físico extenuante pode provocar dor muscular, gerando sensibilidade e dor à movimentação durante e após a atividade. A sensibilidade muscular aumentada se manifesta como: (1) dor induzida por um estímulo normalmente não-nociceptivo (alodínia); (2) aumento da intensidade da dor por estímulos nociceptivos (hiperalgesia); e (3) aumento de áreas de dor referida com alterações somatosensoriais. Além desses, a redução da força muscular, a restrição de movimento articular, o edema e a fadiga causados prejudicam a funcionalidade (BISHOP et al., 2011; DANNERCKER; SLUKA, 2011; NIE et al., 2006). Estes sinais e sintomas geram um pico de dor um a dois dias após a atividade extenuante, que pode perdurar por até dez dias e é referida na literatura como dor muscular tardia (DMT) (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; CLARKSON et al., 1992).

A ativação da dor e dos nociceptores varia em decorrência da intensidade e do tipo de atividade. Nos estudos de Nosaka e Newton (2002) e Nosaka, Newton e Sacco (2002) demonstrou-se que tanto um exercício de endurance quanto um exercício submáximo (50% RM) foram capazes de induzir lesão muscular e DMT. Porém, quando comparados com o treino de carga máxima realizado com contrações excêntricas, esse grupo induziu uma maior e mais duradoura lesão. Assim como, Uchida et al. (2009) que avaliou a DMT em diferentes intensidades de resistência máxima (50%, 75%, 90% e 110% RM) comparado com um grupo controle. Todas as intensidades demonstraram o desenvolvimento da DMT, porém, o grupo que realizou o exercício exclusivamente excêntrico (110% RM) apresentou uma resposta mais resistente da DMT, além de, aumento significativo na concentração sérica de prostaglandina E₂ (PGE₂). Esses estudos reforçam a proposta que a tensão mecânica mais do que a sobrecarga metabólica é responsável pela magnitude da lesão muscular.

Tem sido demonstrado que as contrações musculares excêntricas melhor reproduzem a dor muscular tardia e por esse motivo, vem sendo utilizado na literatura como um método endógeno para induzir a DMT (BISHOP et al., 2011; DANNERCKER; SLUKA, 2011; NIE et al., 2006; UCHIDA et al., 2009). O fato das contrações excêntricas serem mais lesivas ao tecido muscular e ao tecido conjuntivo é justificado pela incapacidade das estruturas mais frágeis da fibra muscular (junções miotendíneas, miofibrila e sarcômeros, principalmente, a Linha Z) suportarem as altas cargas produzidas por essas contrações durante o estiramento

ativo, o que provoca a ruptura e estimula a síntese de sarcômeros novos e mais fortes (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; PROSKE; ALLEN, 2005).

As micro lesões nessas estruturas induzem o processo inflamatório, e os produtos desse processo: histamina, bradicinina, substância P e, principalmente, a PGE₂, sensibilizam nociceptores musculares do grupo III (fibras A δ) e IV (fibras C), ativados por estímulos nocivos de pressão, estiramento e contração muscular, e responsáveis pela sensação de dor nas 24-48h pós atividade (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; PROSKE; ALLEN, 2005). Essa sensibilização periférica leva a hiperalgesia e a sensibilização central dos neurônios do corno dorsal da medula, manifestadas como descargas neuronais prolongadas que aumentam a resposta a estímulos nocivos definidos e a resposta a estímulos não nocivos (Mense, 1993; Neugebauer e Schaible, 1990).

Os mecanismos centrais envolvidos na dor muscular tardia têm sido evidenciados nas pesquisas mais recentes. Zimmermann et al. (2012), através de ressonância magnética funcional (RMf), reportaram as áreas de ativação cerebral relacionadas ao processamento da dor da DMT, que são: o córtex somatossensorial, o cíngulo, o insular e os núcleos talâmicos. Porém, eles induziram a dor muscular por um estímulo mecânico ou por contração isométrica. Já Matsuda et al. (2015) investigaram a ativação cerebral relacionada a dor provocada pelo movimento, também através de RMf, demonstraram que as áreas do córtex motor primário contralateral, do opérculo parietal e da área pré-motora suplementar bilateral são mais ativadas pelo movimento na presença de DMT do que durante o mesmo movimento sem a presença de dor, sugerindo que essas áreas de ativação estão relacionadas à adaptação motora à dor. Os resultados desses dois estudos podem indicar que o processamento cerebral na dor relacionada ao movimento é diferente daquele da dor sem o movimento. No estudo experimental de Sluka e Rasmussen (2010), a fadiga, um dos indicadores de DMT, foi mais associada à hiperalgesia secundária (de sensibilização central), e não a marcadores periféricos musculares, como: lactato, creatina quinase, fosfato e pH, demonstrando que a resposta da dor a fadiga parece estar associada com alterações do sistema nervoso central.

O estímulo nociceptivo repetitivo provocado pelo exercício tem demonstrado aumento da severidade da dor em pacientes com dor crônica associado com incapacidades funcionais (Lambin et al., 2011; Sullivan *et al.*, 2002, 2009). Essa exacerbação da dor em pacientes tem impacto na aderência aos exercícios terapêuticos e/ ou atividade física (DAILEY et al., 2013; DANNERCKER; SLUKA, 2011; NOEHREN et al., 2015; VANCE et al., 2012). Talvez seja ainda mais prejudicial na população de atletas, onde o dano estrutural muscular e de tecido conjuntivo recorrente gera alterações na função neuromuscular e na biomecânica da

articulação. Essas adaptações somadas aos mecanismos compensatórios de alívio de dor, causam significativas reduções na performance e no retorno desse atleta ao treinamento, além, de um potencial risco de lesão (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; SAYERS; DANNECKER, 2004). Porém, poucos estudos têm investigado a somação temporal da dor através da atividade física. A compreensão sobre os seus mecanismos torna-se necessária para desenvolver estratégias terapêuticas eficientes ou para minimizar os efeitos nocivos dos exercícios e avaliar a necessidade de modificações nas prescrições dos exercícios.

Algumas terapias têm sido empregadas na DMT com o objetivo de analgesia e/ou de restaurar a função, entre elas crioterapia, alongamento, massagem, ultrassom e correntes elétricas (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; SAYERS; DANNECKER, 2004). Denegar et al. (1989) aplicaram a corrente de estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) após a indução de DMT e demonstraram uma diminuição na dor e melhora na amplitude de movimento. Já no estudo de Craig e colaboradores (1996), não foram verificadas diferenças significativas entre o grupo que recebeu a TENS e o grupo controle após 72h de DMT. Em um artigo mais recente, Mankovsky-Arnold et al. (2013) induziram a DMT através de exercícios funcionais em indivíduos saudáveis e aplicaram a TENS durante a atividade, verificaram a eficácia da TENS através da redução da dor ao repouso e ao movimento, e também, a melhora na tolerância física. Porém, as evidências para apoiar esses tratamentos são baixas, provavelmente devido à grande variedade metodológica de indução de DMT e aos diferentes protocolos das intervenções utilizadas.

3.2 Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS)

A TENS, do inglês *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*, reduz a dor por mecanismos centrais e periféricos. Sítios na medula espinhal e no tronco cerebral que utilizam receptores opióides, serotoninérgicos e muscarínicos são ativados pela TENS. A liberação de opióides endógenos no sistema nervoso central (SNC) reduz a excitabilidade dos neurônios nas vias de dor e ativa mecanismos inibitórios da dor (DESANTANA et al., 2008; KALRA; URBAN; SLUKA, 2001; SLUKA, 2008). Periféricamente, no local da aplicação, receptores opióides e α -2-noradrenérgicos estão envolvidos na indução analgésica da TENS (Sluka, 2008). A mensuração da hiperalgesia primária e secundária demonstra a sensibilização periférica e central da TENS (DAILEY et al., 2013; DESANTANA et al., 2008; VANCE et al., 2012). A hiperalgesia primária é o aumento da sensibilidade dolorosa no local de uma lesão, onde ocorrem modificações no estímulo ao sistema nervoso periférico. Já a hiperalgesia

secundária, ocorre fora desse local e é mediada por alterações no SNC (KALRA; URBAN; SLUKA, 2001; VANCE et al., 2012).

Ensaio clínico e revisões sistemáticas de meta-análise demonstram que a TENS é eficaz para várias condições dolorosas: dores musculoesqueléticas agudas e crônicas, reumáticas, fibromiálgicas e de origem pós-operatória (DAILEY et al., 2013; JOHNSON; MARTINSON, 2007; VANCE et al., 2012). A redução da severidade da dor e da hiperalgesia estão associadas com melhora de funcionalidade. Dailey e colaboradores (2013), ao investigar os efeitos da TENS em pacientes com fibromialgia, demonstraram, além da redução da dor ao movimento, a redução de fadiga ao movimento. Esses mesmos resultados foram encontrados por Vance et al. (2012) em portadores de osteoartrose de joelho. Ao aplicar a TENS durante exercícios funcionais em indivíduos saudáveis, Mankovsky-Arnold et al. (2013) sugeriram melhora na tolerância física. Estes estudos demonstram o potencial da TENS em reduzir a dor ao movimento e melhorar a função, tanto em portadores de uma condição dolorosa como em indivíduos saudáveis.

Vários tipos de estímulos nocivos repetitivos provocam somação temporal da dor, que é um termo utilizado para descrever aumentos na intensidade da dor. Pesquisas experimentais e com seres humanos, indicam que a modulação da somação temporal resulta da sensibilização de neurônios do corno dorsal da medula espinhal, envolvendo a ativação de vias inibitórias da dor. Por expressar esse fenômeno de sensibilização central, a somação temporal tem sido verificada nos estudos da TENS em resposta a estimulação elétrica, térmica ou de pressão (LIEBANO et al., 2011; MA; SLUKA, 2001). Liebano et al. (2011) e Rakel et al. (2010) constataram a redução da somação temporal após uso da TENS a partir da dor por pressão em indivíduos saudáveis. A TENS poderia também ter o potencial para reduzir a somação temporal provocada pelo estímulo nocivo repetitivo de exercícios ou atividades físicas funcionais. No estudo de Mankovsky-Arnold et al. (2013) a TENS reduziu a somação da dor induzida por atividade repetitiva (Repetition-induced summation of pain - RISP) em indivíduos saudáveis após 24h de indução de DMT.

A efetividade terapêutica da TENS depende da adequação dos seus parâmetros. Recentemente, Sluka et al. (2013) descreveu uma série de fatores que deve ser considerada ao se projetar ensaios clínicos sobre a TENS, como: (1) dosagem (intensidade) da TENS; (2) interações negativas com a utilização de opióides em longo prazo; (3) tolerância analgésica; (4) populações avaliadas; (5) avaliação apropriada de resultados; e (6) grupos apropriados de comparação.

Um dos parâmetros ajustáveis da TENS é a frequência, onde a TENS de baixa frequência (< 10 HZ) ativa receptores μ -opioides na medula espinhal e no tronco cerebral, enquanto que a de alta frequência (> 50 Hz) ativa receptores δ -opioides. A intensidade também pode variar em sensorial e motora. Na intensidade sensorial é possível perceber uma sensação forte, porém confortável, sem a presença de contração muscular. Já a intensidade motora geralmente é acompanhada de contração muscular, mas sem sensação dolorosa (KALRA; URBAN; SLUKA, 2001).

Foi demonstrado que a aplicação dos mesmos parâmetros de estimulação (frequência, intensidade, duração de pulso e duração de tratamento) da TENS diária por mais de uma semana, resulta em tolerância analgésica (CHANDRAN; SLUKA, 2003; LIEBANO et al., 2011). Pesquisas experimentais e ensaios clínicos têm verificado melhores resultados com o aumento gradual da intensidade até um nível máximo tolerável (TENS motora), embasados no efeito dose-dependente da aplicação da TENS, onde deve ser dada uma intensidade adequada para reduzir a dor e prevenir a tolerância opioide (MORAN et al., 2011; PANTALEÃO et al., 2011; SATO et al., 2012).

A maioria dos estudos administra a TENS após a instalação do processo doloroso (JOHNSON; MARTINSON, 2007; VANCE et al., 2012). São raras as publicações sobre a analgesia preventiva induzida pela TENS, ou seja, quando é empregada a TENS para o tratamento da dor, antes mesmo do seu surgimento. As que a exploram utilizam a TENS em pré-operatórios em humanos (GUERRA, 2005, 2008) e antes de procedimentos cirúrgicos em ratos (PARRA et al., 1999). Estes estudos sugerem que é produzida uma eletroanalgesia preemptiva por meio da inibição da hipersensibilidade central e periférica, que poderia modular a dor pós-operatória. Isso poderia ocorrer, pois a TENS poderia estimular a liberação de opioides endógenos que por sua vez iriam prevenir a hipersensibilização central (GUERRA, 2005, 2008; Parra *et al.*, 1999).

Outro fator importante para elucidar a melhor forma de obter analgesia, é o tempo da medição dos resultados da TENS em imediato e tardio. Tem sido apontado em pesquisas com portadores de dores crônicas, que o pico do efeito da TENS é quando o aparelho está ligado ou imediatamente após o seu uso (DAILEY et al., 2013; MANKOVSKY-ARNOLD et al., 2013; VANCE et al., 2012). Porém, são necessárias mais pesquisas que investiguem o efeito residual da TENS após poucos dias e após meses (*follow up*) (NOEHREN et al., 2015; SLUKA et al., 2013).

A utilização da TENS aplicada antes da indução da DMT visa uma estratégia profilática com a hipótese de que a ativação das vias inibitórias descendentes pode inibir a

hiperalgesia periférica e central de se deflagrar preparando o SNC e, dessa forma, oferecer menos intensificação da dor ao estímulo da atividade física. E a menor percepção de dor pode resultar em melhor desempenho físico durante o exercício. Poucos estudos têm utilizado a TENS de forma preventiva e nenhum até o momento investigou o seu efeito na DMT. Assim como fármacos analgésicos têm demonstrado efeito preemptivo na redução da dor (SHIRVANI et al., 2017; STEINBERG et al., 2017), a TENS também poderia por reduzir a excitabilidade dos neurônios nas vias de dor ter efeitos benéficos quando aplicada antes de um processo doloroso. E na presença de DMT, contribuir com uma maior adesão aos programas de exercícios terapêuticos para pacientes com dores musculoesqueléticas e melhor performance e retorno ao desporto para atletas.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da TENS em aspectos funcionais, sensoriais e fisiológicos da dor muscular tardia quando aplicada antes de sua indução pelo exercício em voluntários saudáveis e destreinados.

3.2 Objetivos específicos

Analisar o efeito imediato e 24h após a administração da TENS na dor após a dor muscular induzida;

Avaliar a influência da TENS no desempenho físico e funcional na presença de dor muscular tardia;

Investigar o método de termografia infravermelha como avaliação de dano muscular na DMT.

4. CASUÍSTICA E MÉTODOS

4.1 Aspectos éticos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Neurociência da Universidade Federal de Sergipe (UFS), situado na Cidade Universitária Prof. Aloísio de Campos, Av. Marechal Rondon, s/n Jardim Rosa Elza CEP 49.100-000 São Cristóvão, Sergipe.

Os voluntários foram esclarecidos sobre o propósito da pesquisa e, quando de acordo, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (APÊNDICE A). O estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Sergipe, CAAE número 55348916.2.0000.5546 e cadastrado no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (ReBEC), número RBR-397qws.

4.2 Tipo de estudo

Trata-se de um ensaio clínico com distribuição aleatória, duplamente encoberto e controlado por placebo. A distribuição aleatória foi realizada por meio de envelopes opacos selados e lacrados, contendo as letras A e B, correspondendo aos dois grupos de estudo, e outros dois, contendo os números 1 e 2, referente aos dois tipos de protocolos empregados. A distribuição aleatória dos pacientes foi realizada de forma bloqueada, na proporção de 1:1, a fim de garantir proporcionalidade do número de sujeitos alocados nos grupos e nos protocolos, respectivamente. Além disso, os participantes foram separados por sexo para garantir igual número de homens e mulheres nos grupos.

Dois investigadores participaram do estudo. O investigador 1, mascarado para a alocação dos grupos, foi responsável pela avaliação dos sujeitos e mensuração de todas as variáveis, antes e após os procedimentos de indução da dor. Já o investigador 2, foi responsável pela administração dos protocolos de DMT e TENS. Os voluntários não sabiam a qual grupo de procedimento pertencia.

4.3 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos no estudo universitários saudáveis e destreinados, de ambos os sexos, com idade entre 18 e 40 anos, recrutados nas dependências da UFS por busca ativa e

divulgação em redes sociais. As restrições para a participação foram as seguintes: (a) não ter realizado treinamento de força de membros superiores regularmente (ou seja, dois dias por semana) nos últimos dois meses; (b) não referir dor recente no braço; (c) não apresentar histórico de lesão de membro superior dentro de seis meses. Aqueles que aceitaram participar da pesquisa, responderam a um inventário referente à presença de fatores de risco para realização de atividades físicas, baseado no *The Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q+) (APÊNDICE B).

O PAR-Q+ é um questionário de auto relato que avalia a presença de potenciais contraindicações para a participação em atividades físicas extenuantes (por exemplo, desmaios, dificuldade respiratória, problemas articulares ou circulatórios). A presença de um dos itens do PAR-Q+ foi usada como critério de exclusão (WARBURTON et al., 2011).

Os sujeitos seriam excluídos se tivessem experiência prévia com o uso da TENS e se fosse averiguado que o protocolo de indução de dor muscular não foi bem-sucedido. O sucesso deste protocolo foi definido como um aumento de dois ou mais pontos na Escala Numérica de 11 pontos entre a dor de base e a dor pós-protocolo de indução da dor (MANKOVSKY-ARNOLD et al., 2013). Foi enfatizado que os voluntários não deveriam realizar medidas de autocuidado, como auto-medicação, massagem, crioterapia ou termoterapia.

4.4 Cálculo do tamanho amostral

O tamanho da amostra foi determinado com base nos dados encontrados no estudo de Mankovisky-Arnold et al. (2013), no qual foram utilizados média (4,2) e desvio padrão (1,3) da intensidade de dor dos participantes, assumindo uma diferença de dois pontos na escala numérica de dor. Assim, com um nível de significância de 0,05 e poder de 95%, foi calculado um n de 22 sujeitos por grupo, totalizando 44 sujeitos. Os cálculos foram feitos no site: http://www.leedante.br/pesquisa/amostragem/calculo_amostra.html, desenvolvido pelo Laboratório de Epidemiologia e Estatística da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de São Paulo.

4.5 Delineamento experimental

Os voluntários foram alocados em dois grupos de estudo: TENS ativa ou placebo, descritos a seguir. As mensurações foram executadas em quatro etapas 1^a) familiarização com o teste de contração voluntária máxima (CVM), com um intervalo de 72h para a segunda visita; 2^a) realização do reteste da CVM; 3^a) avaliação inicial de todas as variáveis após 48h, conforme descritas adiante no item 4.8; os procedimentos de indução de dor muscular pelo exercício e seu tratamento com a TENS, assim como, a reavaliação completa imediata; 4^a) reavaliação tardia de todas as variáveis após 24h na quarta e última visita ao laboratório (fig. 1).

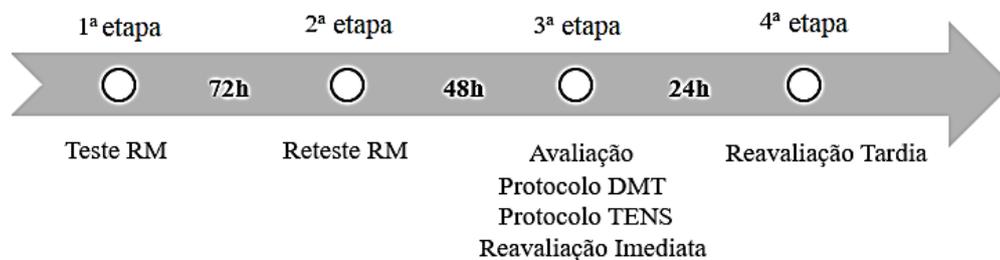


Fig. 1: Delineamento do protocolo de DTM. RM: repetição máxima.

4.6 Grupos de estudo e protocolo da TENS

Aplicou-se a corrente elétrica TENS utilizando o aparelho da modelo Empi (Empi®, St. Paul, MN, EUA) e, depois de adequada higienização da pele com álcool a 70%, quatro eletrodos autoadesivos de silicone (ValuTrode®, Mundelein, IL, EUA), com dimensão de 5 cm², foram posicionados em paralelo no músculo peitoral maior e no grande dorsal dominante. Os parâmetros utilizados foram: duração de pulso de 200 us e frequência alta de 100 Hz, por 20 minutos.

1) TENS ativa: a intensidade foi gradualmente aumentada até que ocorresse uma fibrilação muscular forte, porém, relatada subjetivamente como confortável pelos voluntários. A cada 5 minutos, foram realizados ajustes da intensidade até obtenção de uma sensação forte e confortável, podendo apresentar contração muscular (PANTALEÃO et al., 2011; SLUKA et al., 2013).

2) Placebo: um aparelho emissor de TENS que possui circuito interno modificado pelo fabricante (Empi Inc.®, St. Paul, MN, EUA) no intuito de alterar a liberação da corrente para que esta seja liberada apenas nos primeiros 30 segundos de estimulação, com uma intensidade forte, porém confortável e, em seguida, a passagem de corrente seja cessada. Os participantes desse grupo eram questionados a cada cinco minutos se estavam confortáveis (RAKEL et al., 2010).

4.7. Protocolo de indução de dor muscular tardia (DMT)

Os sujeitos foram familiarizados com todos os procedimentos antes da sua realização. Foram instruídos a realizar dois exercícios: 1) supino na máquina (atuação dos músculos peitoral maior, serrátil anterior e tríceps braquial); e 2) remada sentada (atuação dos músculos grande dorsal e trapézio médio). Os sujeitos realizaram os exercícios utilizando estação de treinamento WCT FITNESS Fly/Voador 001 (WCT FITNESS®, São Bento do Sul, SC, Brasil).

O investigador orientou cada participante a requisitar a contração excêntrica a uma cadência de 2:1 (dois segundos de excêntrico para um segundo de concêntrico) de cada grupo muscular testado. Foram encorajados a todo instante a realizar o máximo de repetições possíveis até a fadiga, em cinco séries de cada exercício, de forma alternada, respeitando um período de um minuto de descanso entre o bloco supino-remada. O número de repetições executadas foi registrado (MANKOVSKY-ARNOLD et al., 2013; UCHIDA et al., 2009).

A resistência imposta foi de 80% de uma repetição máxima (1 RM), ou seja, 80% do máximo de peso conseguido para uma contração voluntária máxima (CVM). Para determinar a RM, os voluntários, na primeira visita ao laboratório, foram familiarizados com a estação de treinamento, realizando 10 a 15 repetições com uma carga leve (~50% RM) para cada exercício.

Em seguida, os indivíduos foram instruídos a realizar uma CVM para uma determinada carga imposta. Se o exercício fosse bem-sucedido na primeira tentativa, o peso seria aumentado (10% da primeira tentativa), um descanso de cinco minutos seria realizado e uma segunda tentativa seria feita. Se essa tentativa fosse bem-sucedida, o peso seria aumentado progressivamente até que uma tentativa frustrada ocorresse. A RM foi registrada, em kg, como a última resistência em que o participante fosse capaz de completar uma única execução máxima. Após 72h, um reteste da RM foi necessário para validar a resistência imposta (RIBEIRO et al., 2014; UCHIDA et al., 2009).

4.8. Variáveis mensuradas

Primeiramente, foram registradas as medidas antropométricas dos sujeitos, dentre elas, peso, altura, índice de massa corporal (IMC) e idade. Foram registradas também as variáveis de frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), saturação parcial de oxigênio (SpO²) e pressão arterial (PA) para estabelecer a segurança do protocolo de exercícios. Os indivíduos passaram por uma avaliação composta por testes funcionais e questionários descritos a seguir.

4.8.1 Questionário internacional de atividade física

O Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ, do inglês *International Physical Activity Questionnaire*), traduzido e validado para a população brasileira, foi administrado para avaliar o nível de atividade física (AF), considerando uma semana típica usual da amostra (ANEXO A). A versão curta do IPAQ é constituída por oito perguntas, em que os indivíduos reportam a frequência semanal e o tempo despendido em atividades desenvolvidas no trabalho, no deslocamento, nas atividades domésticas e no tempo livre, classificando-a em intensidade leve (caminhada), moderada ou vigorosa, fornecendo, ainda, o tempo em que o indivíduo gasta sem realizar nenhuma atividade (“tempo sentado”).

A atividade física total (AFT) foi computada adicionando os minutos por semana de caminhada, AF moderada e AF vigorosa multiplicada por dois. A AFT foi avaliada em três níveis: “0 min/sem”, “1-149 min/sem” e “ ≥ 150 min/sem”. A inatividade física foi definida como inferior a 150 minutos por semana gastos em atividade física moderada ou vigorosa. A análise do tempo total sentado foi feita separadamente (HALLAL et al., 2003; MATSUDO et al., 2012).

4.8.2 Questionário de função do membro superior

A versão traduzida e validada para o Brasil do *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire* (DASH) foi utilizada para caracterizar a amostra em indivíduos assintomáticos para distúrbios de ombro (ANEXO B). O DASH é constituído por 30 perguntas, incluindo itens relacionados à função física, aos sintomas de distúrbios de membro superior e às funções sociais. Cada questão apresenta cinco possíveis respostas, que variam de

“Não houve dificuldade” até “Não conseguiu fazer”, e é pontuada em uma escala de 1 a 5. A pontuação total do questionário é calculada por meio de uma fórmula previamente estabelecida: soma dos valores das 30 questões, menos 30, dividido por 1,2. Quanto mais alta a pontuação, que varia de zero a 100, mais grave é a incapacidade (ORFALE et al., 2005).

4.8.3 Avaliação de potência muscular

O teste de potência muscular é uma maneira fidedigna para medir desempenho físico e amplamente utilizado na área desportiva, mas também aplicado em indivíduos saudáveis. Avalia a capacidade de deslocar um determinado peso em função da velocidade empregada. A mensuração foi realizada com um *encoder* linear (MuscleLab™ 4010 Linear Encoder, Ergotest Innovation, Langensund, Noruega) acoplado à estação de treinamento por meio de um fio linear ao chão. Os voluntários foram orientados a realizar cinco repetições do exercício de supino e remada, a uma máxima velocidade possível na fase concêntrica da contração muscular, com uma carga de 50% da RM. A potência é calculada pelo software do aparelho pela fórmula $P=F.V$ (P = potência, F = força, V = velocidade) e a maior medida, em *watts*, foi considerada (HILMERSSON; EDVARDSSON; TORNBERG, 2015).

4.8.4 Tarefa de tolerância física

A tarefa de tolerância física foi utilizada como uma avaliação de capacidade funcional. Antes e após o protocolo de DMT, assim como 24h depois, os participantes foram instruídos a realizar o exercício de supino (músculo peitoral maior) e de remada (músculo grande dorsal) de forma isométrica, a uma resistência de 80% da RM, pelo máximo de tempo tolerável. Em seguida, esse tempo foi anotado (KING; TUCKWELL; BARRETT, 1998; MANKOVSKY-ARNOLD et al., 2013).

4.8.5 Avaliação de fadiga muscular

A escala numérica de 11 pontos foi utilizada para avaliar a fadiga em repouso e em movimento, nos seguintes momentos: antes, durante o protocolo de DMT, imediatamente após este e 24h depois. Os voluntários foram solicitados a indicar um número, de 0 a 10, que representasse o nível de fadiga percebida, sendo que 0 foi considerado como “sem fadiga” e 10 como “pior fadiga imaginável” (DAILEY et al., 2013; NOEHREN et al., 2015).

4.8.6 Avaliação da dor

Os participantes foram solicitados a indicar um número, de 0 a 10, que representasse a intensidade de dor sentida em repouso e durante o movimento, nos seguintes momentos: antes, durante o protocolo de DMT, imediatamente após este e 24h depois. Sendo que 0 foi considerado como “sem dor” e 10 como “pior dor imaginável”. A dor em movimento na reavaliação tardia (24h depois) foi medida durante a realização do teste de potência muscular e de tolerância física. A escala numérica de 11 pontos é uma medida válida e confiável para mensurar a dor, considerada de mais fácil aplicação quando comparada a escala visual analógica, a qual pode ser utilizada tanto em situações de dor clínica como experimental (JENSEN; KAROLY; BRAVER, 1986).

4.8.7 Avaliação da dor por pressão

A mensuração do limiar de dor por pressão (LDP) foi feita por meio de um algômetro de pressão digital (Impac®, Paulínia, SP, Brasil), com área de 1 cm². Foi realizada uma pressão em kg/cm² no ventre muscular do músculo peitoral maior (interseção de uma linha horizontal traçada do terço médio da clavícula com uma linha vertical traçada do terço médio do esterno) e do músculo grande dorsal (interseção de uma linha horizontal traçada do ângulo inferior da escápula com uma linha vertical traçada da vértebra T12) do membro superior dominante (hiperalgesia primária) e na face anterior do terço médio do antebraço do mesmo (hiperalgesia secundária).

No procedimento, o algômetro deve ser posicionado perpendicularmente ao ponto a ser examinado, e uma pressão crescente e constante de aproximadamente 0,5 kg/cm²/segundo é exercida até ser acusada a dor. Nesse momento, a pressão deixa de ser aplicada e o algômetro registra o valor correspondente ao LDP. Os voluntários foram instruídos a falar “pare” quando a sensação de pressão claramente se tornasse dolorosa e o valor era anotado (CHESTERTON et al., 2007; PANTALEÃO et al., 2011). Três medidas foram feitas em cada local pré-estabelecido e a média entre elas foi considerada.

4.8.8 Modulação Condicionada da Dor

A modulação condicionada da dor (MCD) é um termo utilizado para descrever o fenômeno no qual a percepção da dor a um estímulo teste é modificada pela aplicação de outro estímulo doloroso condicionado. Baseado em um estímulo inibitório central de “dor inibindo dor”, chamado de controle inibitório nocivo descendente (DNIC, do inglês *descending noxious inhibitory control*) (ARENDDT-NIELSEN et al., 2010; YARNITSKY et al., 2010; LE BARS et al., 1979).

Depois de realizada a mensuração do LDP, foi feita uma compressão isquêmica no membro superior não dominante de cada participante, por meio de um esfigmomanômetro (Impac®, São Paulo, Brasil). A borda inferior do aparelho foi posicionada a três cm da fossa cubital e uma pressão de 270 mmHg foi mantida. No momento em que a pressão fosse atingida, o indivíduo foi questionado sobre a dor sentida por meio da escala numérica de 11 pontos. Quando o sujeito relatava dor de, no mínimo, quatro pontos, faz-se nova mensuração do LDP, e, em seguida, a compressão é retirada. Após cinco minutos, o LDP foi mensurado novamente (ARENDDT-NIELSEN et al., 2010). Foram feitas três medidas de cada momento do teste (antes, durante e após a isquemia) e considerada a média do LDP.

4.8.9 Teste de somação temporal

O teste de somação temporal é um teste sensorial que avalia o estímulo nociceptivo repetitivo. No presente estudo, foi realizado utilizando o algômetro de pressão digital (Impac®, Paulínia, SP, Brasil, com área de 1 cm²), em que uma pressão de 4 kg foi aplicada e mantida sobre a face anterior do terço médio do antebraço dominante do voluntário durante trinta segundos ininterruptos, enquanto a intensidade de dor foi registrada na escala numérica de 11 pontos em quatro medições: no 1º segundo, no 10º segundo, no 20º segundo e no 30º segundo, respectivamente (VASE et al., 2011).

4.8.10 Termografia Infravermelha

A imagem termográfica digital por infravermelho (ITDI) detecta as alterações fisiológicas da temperatura cutânea de forma não-invasiva e oferece um método conveniente para avaliação no ambiente clínico. O termógrafo permite mapeamento quantitativo e

qualitativo da temperatura superficial, a qual pode avaliar disfunções simpáticas ou circulatórias (NAHM, 2013; RA et al., 2013).

A temperatura cutânea de todos os músculos foi registrada usando uma câmera de infravermelho (FLIR® Systems T420, Wilsonville, OR, EUA) assistida por computador. A sensibilidade térmica de 0,05°C em 30°C; a faixa espectral de 7,5 µm–13 µm; e o vídeo digital de 320×240 pixels. Este equipamento permite imagens com resolução espacial (IFOV) de 1,4 mrad obtido por visualização de spots quentes, de 1,4 mm a 1 m de distância, usando lentes padrão sem lentes adicionais. A câmera infravermelha produz matriz de valores de temperatura. Cada valor de temperatura representa um pixel na figura medida.

Todas as imagens foram analisadas e mostradas no mínimo uma palheta de 85–100 cores, com um janela térmica de 0,15°C para cada cor. A sensibilidade térmica de 0,51°C por tom de cor foi usada, baseado na escala colorimétrica do tipo arco-íris (palheta colorida), na qual as cores foram da mais quente para a mais fria: branco, rosa, vermelho, laranja, amarelo, verde claro, verde escuro, azul claro, azul escuro, violeta e preto (FLIR QuickReport® v. 1.2 and FLIR Reporter® v. 8.5, FLIR Systems, Inc.). As cores indiretamente indicam o grau de distribuição da perfusão cutânea local.

Para a realização da avaliação, alguns cuidados foram considerados. Os sujeitos foram instruídos a não aplicar loções ou maquiagens na pele; não usar secador ou similar no cabelo; e não fumar 2 horas antes do registro. Também, a não tomar café ou bebida alcóolica; e não usar descongestionantes nasais, analgésicos, anti-inflamatórios ou outras substâncias que alterem a função simpática. Foram instruídos, também, a não palpar, pressionar, friccionar a pele em nenhum momento até a finalização do exame termográfico (NAHM, 2013; RA et al., 2013).

Na avaliação, os indivíduos foram aclimatados em repouso por 15 minutos numa sala a uma temperatura de 21°C e umidade relativa do ar a 80%, para a obtenção das imagens, foram posicionados de frente e de costas para o avaliador a uma distância de 1,5 m da câmera com o tronco desnudo. Uma câmera de infravermelho (FLIR® Systems T420, Wilsonville, OR, EUA) detectou a luz infravermelha emitida pelo corpo e transformou essa informação em uma imagem com mapeamento de cores para facilitar a interpretação visual.

Ao analisar as imagens, foi padronizada uma região de interesse (RI) em ambos os ventres musculares dos músculos peitoral maior e grande dorsal de cada voluntário, permitindo calcular a média de temperatura daquela região. O teste-t foi utilizado levando em

consideração a média de temperatura, o desvio padrão e o número de pixels na RI (NAHM, 2013).

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados foram, inicialmente, transportados para uma planilha de dados do programa Excel do Windows 2015 e, então, para o programa SPSS, versão 23.0. Todos os dados foram testados quanto a sua normalidade com o Teste de Shapiro-Wilk e considerados estatisticamente significantes quando o valor de $p \leq 0,05$. As seguintes análises foram realizadas: (a) descritiva: média e desvio padrão para medidas demográficas; (b) de comparação de médias: Teste T para medidas independentes e pareado para as dependentes para as variáveis de LDP, MCD, ST, PM, TF, número de repetições dos exercícios e temperatura corporal; e Teste Mann-Whitney e Wilcoxon para as variáveis cardíacas, de intensidade da dor e de fadiga. Foi utilizado ANOVA de um fator com post hoc de Tukey intra-grupo para avaliar a diferença entre os momentos da avaliação da MCD e da ST.

6. RESULTADOS

6.1 Características Gerais

Foram avaliados 48 indivíduos, sendo que 4 destes foram excluídos, 2 por não atenderem aos critérios de inclusão e 2 por não completarem a pesquisa (figura 1).

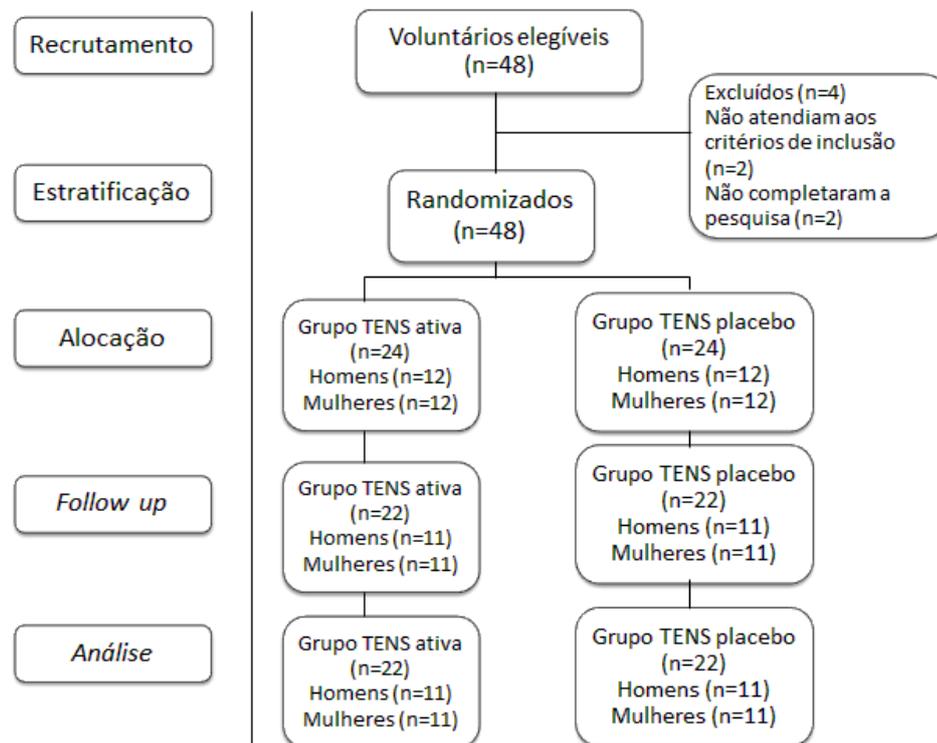


Figura 1: Fluxograma dos voluntários da pesquisa.

Na tabela 1, é possível observar as características gerais da amostra. Ao utilizar o questionário PAR-Q+, nenhum voluntário incluído apresentou fatores de risco que impossibilitassem a realização de exercícios físicos. Não houve diferenças significativas entre os grupos quanto à variável sexo ($p=1,00$; qui-quadrado= 0,00). Segundo o IPAQ, os voluntários podem ser considerados fisicamente inativos ou ativos. Inicialmente, nenhum dos indivíduos apresentou disfunção de membros superiores ao questionário DASH e ao final do protocolo DMT, todos apresentaram disfunção ($p=0,001$), sem diferença entre os grupos (figura 2).

Características	TENS ativa	TENS placebo	p
	(n=22)	(n=22)	
	Média ± DP	Média ± DP	
Idade (anos)	20,36 ± 1,64	22,27 ± 3,22	0,06
IMC (kg/cm)	20,96 ± 5,36	21,26 ± 6,24	0,98
Sexo	n(%)	n(%)	
Masculino	11 (50)	11 (50)	
Feminino	11 (50)	11 (50)	
PARQ-+			
Presença	0	0	
Ausência	22 (100)	22 (100)	
IPAQ			
Ativo	11 (50)	10 (45,45)	
Inativo	11 (50)	12 (54,54)	

Tabela 1: Características gerais da amostra dos grupos TENS ativa e TENS placebo. DP: desvio padrão. IMC: índice de massa corpórea. PAR-Q+: questionário de presença de fatores de risco. IPAC: questionário de nível de atividade física. Teste T independente ($p < 0,05$).

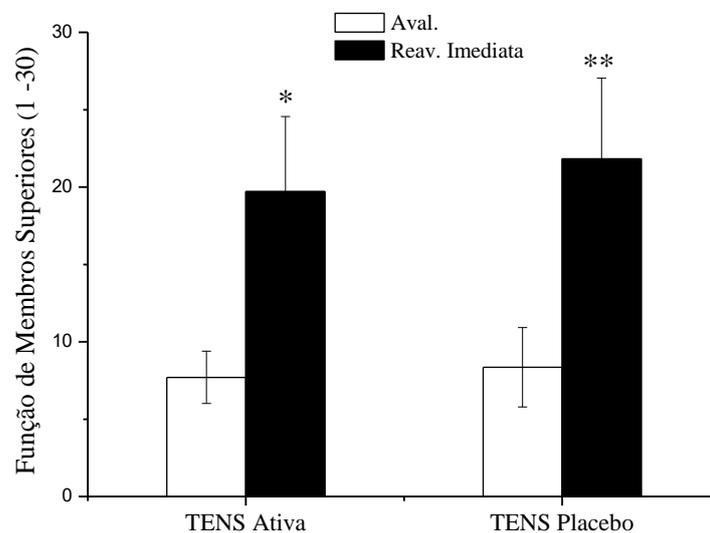


Figura 2: Função de membro superior (0 a 10, segundo DASH) aplicado nos grupos TENS ativa e TENS placebo na avaliação e na reavaliação imediata. Aval.; avaliação. Reav. imediata: reavaliação. Dados apresentados como média e erro padrão. *Diferença significativa entre a avaliação e a reavaliação do grupo TENS ativa ($p = 0,001$). Teste T pareado e independente. **Diferença significativa entre a avaliação e a reavaliação do grupo TENS placebo ($p = 0,001$). Teste T pareado e independente.

6.2 Variáveis Cardiovasculares

As variáveis cardiovasculares de FC, SpO₂, PAS e PAD apresentaram aumentos significativos após a realização de exercícios físicos extenuantes, tanto no grupo TENS ativa quanto no grupo TENS placebo quando comparados a avaliação ($p < 0,05$). Em contrapartida, a FR do grupo TENS ativa (24 ± 22 ipm; IC 95%: 22,31 a 25,28) foi maior do que no grupo TENS placebo (22 ± 22 ipm; IC 95%: 19,23 a 31,13) na reavaliação imediata ($p = 0,001$) (figura 3).

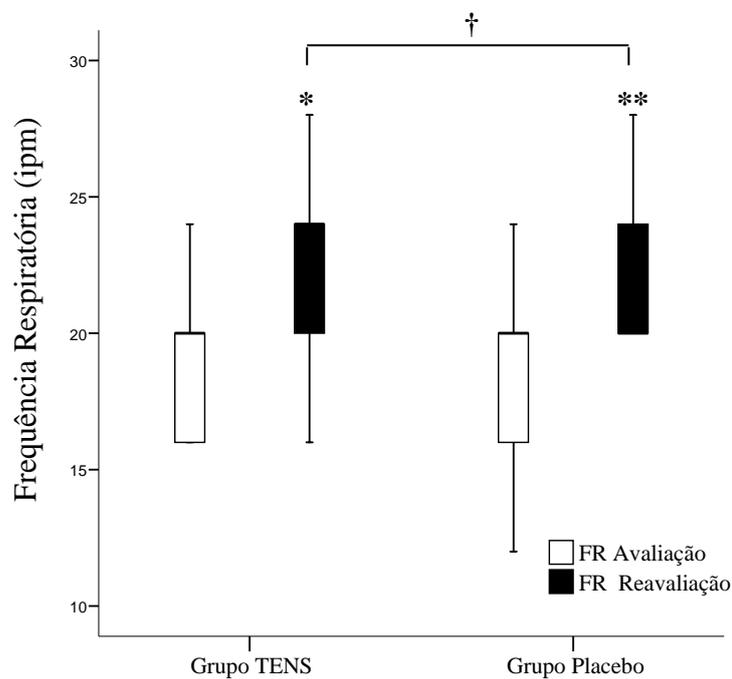


Figura 3: Frequência respiratória (ipm) medida por meio de oxímetro nos grupos TENS ativa e TENS placebo na avaliação e na reavaliação imediata. Dados apresentados como mediana e percentil. *Diferença estatisticamente significativa entre a avaliação e reavaliação do grupo TENS ativa ($p = 0,002$). Teste Wilcoxon. ** Diferença estatisticamente significativa entre a avaliação e reavaliação do grupo TENS placebo ($p = 0,001$). Teste Wilcoxon. †Diferença estatisticamente significativa entre grupos na reavaliação ($p = 0,001$). Testes Mann-Whitney.

6.3 Variáveis de Dor

Houve aumento da intensidade de dor em repouso na reavaliação imediata no grupo tratado com TENS ativa ($p < 0,001$; IC 95%: 1,55 a 3,87) e no grupo TENS placebo ($p < 0,001$; IC 95%: 1,18 a 3,24) com diminuição dessa intensidade 24h após indução de dor muscular ($p < 0,05$), sem retorno ao valor basal. Não houve diferença entre os grupos. De forma

semelhante, a intensidade de dor durante movimento aumentou a cada série de exercício no grupo TENS ativa e no placebo ($p < 0,05$), sem diferença significativa entre os grupos (figura 4).

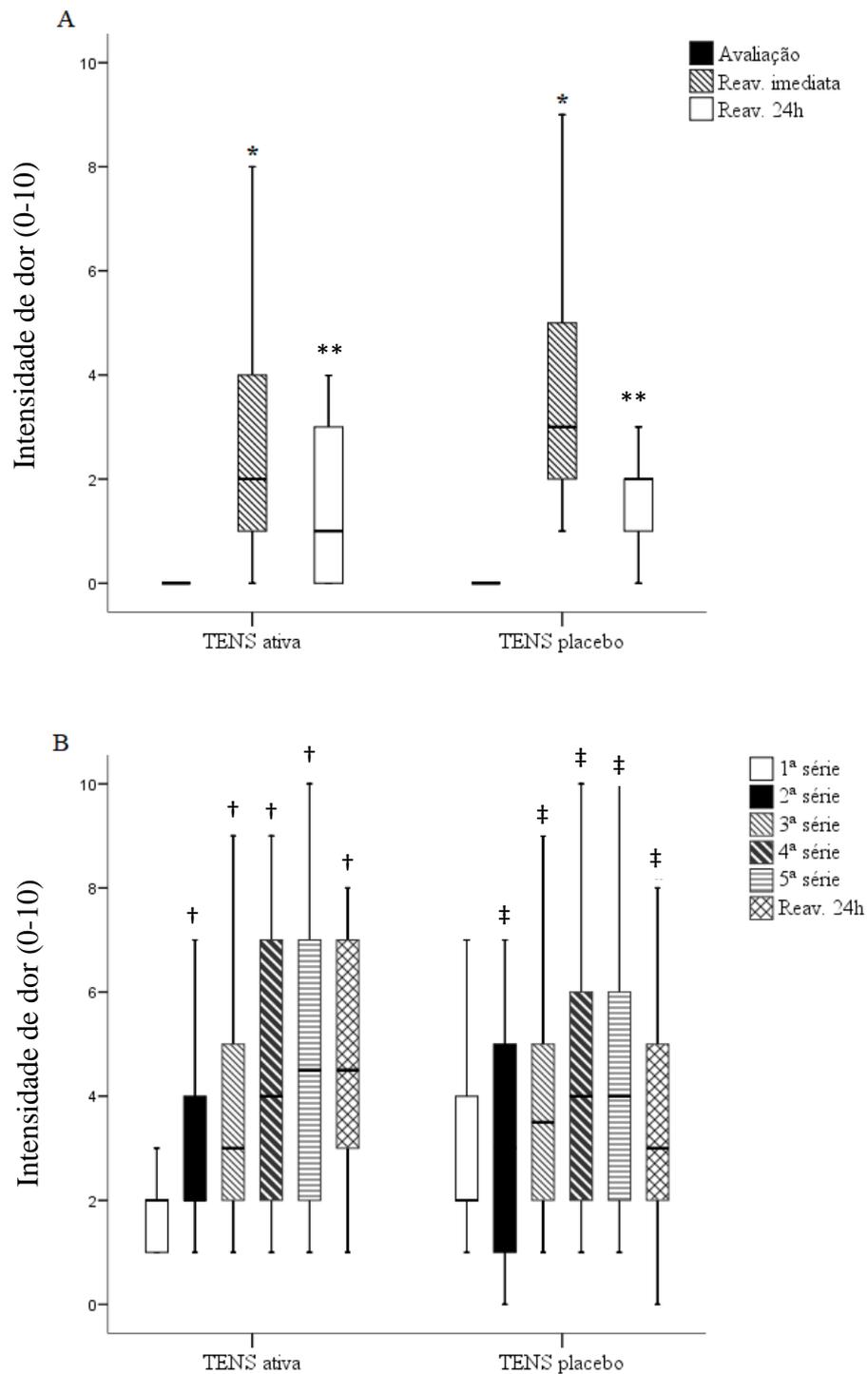


Figura 4: Intensidade de dor medida pela escala numérica (0-10) nos grupos TENS ativa e TENS placebo. Reav.: reavaliação. (A) em repouso e (B) durante movimento. Dados apresentados em mediana e percentil. *Diferença significativa intra-grupo entre avaliação e reavaliação imediata ($p < 0,05$). **Diferença significativa intra-grupo entre reavaliação imediata e reavaliação de 24h

($p < 0,05$). †Diferença significativa entre as séries do grupo TENS ativa ($p < 0,05$). ‡Diferença significativa entre as séries do grupo TENS placebo. Teste de Wilcoxon e Mann-Whitney.

Na análise intra-grupo, verificou-se redução do limiar de dor por pressão nos músculos peitoral maior ($p = 0,01$; IC 95%: 3,31 a 4,61) e grande dorsal ($p = 0,02$; IC 95%: 5,36 a 7,58) no grupo TENS ativa tanto na reavaliação imediata quanto na reavaliação após 24h em comparação ao grupo TENS placebo. Já para os músculos flexores do antebraço ($p = 0,01$; IC 95%: 4,86 a 6,08) e tibial anterior ($p = 0,01$; IC 95%: 8,79 a 10,64), houve diminuição do LDP apenas na reavaliação imediata no grupo TENS ativa. Constatou-se redução significativa do LDP no tibial anterior do grupo TENS ativa (IC 95%: 8,79 a 10,64) em comparação ao grupo TENS placebo (IC 95%: 10,86 a 12,98) na reavaliação imediata, porém, isso ocorreu também na avaliação, em que o LDP do grupo TENS placebo (IC 95%: 10,97 a 12,36) foi maior do que no grupo TENS ativa (IC 95%: 8,21 a 10,69; $p < 0,05$).

No grupo placebo, não houve diferença do LDP em nenhum dos músculos testados entre os momentos de avaliação. Porém, nos demais músculos, não houve diferença significativa entre os grupos quando realizado o teste Teste T independente (tabela 2 e 3).

	Peitoral maior			Grande dorsal		
	TENS ativa	TENS placebo	p	TENS ativa	TENS placebo	p
Avaliação	4,34 ± 1,53	4,68 ± 1,94	0,52	6,63 ± 1,71	7,40 ± 2,79	0,27
Reavaliação	3,94 ± 1,51	4,44 ± 1,78	0,32	6,21 ± 2,05	6,87 ± 2,13	0,30
Reav. 24h	3,33 ± 1,40	4,07 ± 1,72	0,12	6,08 ± 2,09	7,55 ± 2,92	0,06

Tabela 2: Limiar de dor por pressão (kg/cm^2) nos músculos peitoral maior e grande dorsal. Valores expressos em média e desvio padrão. Teste T independente.

	Tibial anterior			Flexores do antebraço		
	TENS ativa	TENS placebo	p	TENS ativa	TENS placebo	p
Avaliação	10,05 ± 0,92	11,34 ± 1,79	0,01*	6,55 ± 2,16	6,92 ± 2,29	0,58
Reavaliação	9,30 ± 1,38	11,37 ± 2,76	0,01*	5,47 ± 1,46	6,19 ± 2,05	0,18
Reav. 24h	9,17 ± 2,45	10,79 ± 2,07	0,06	4,97 ± 1,57	5,86 ± 2,16	0,12

Tabela 3: Limiar de dor por pressão (kg/cm^2) nos músculos tibial anterior e flexores do antebraço. * Diferença estatisticamente significativa entre os grupos TENS ativa e TENS placebo. Valores expressos em média e desvio padrão. Teste T independente.

Na variável de modulação condicionada da dor, foi averiguado que este fenômeno ocorreu nos dois grupos de estudo nos três momentos de avaliação com o aumento do LDP durante a isquemia do teste ($p < 0,05$), exceto no grupo placebo na reavaliação imediata. Também não foi constatada diferença entre os grupos TENS ativa e TENS placebo (figura 5). Resultado semelhante a este foi encontrado na variável somação temporal, observando-se aumento da intensidade de dor a cada tempo sequencial nos três momentos de avaliação do protocolo para ambos os grupos ($p < 0,05$), mas sem diferença estatisticamente significativa entre as avaliações e entre os grupos (figura 5).

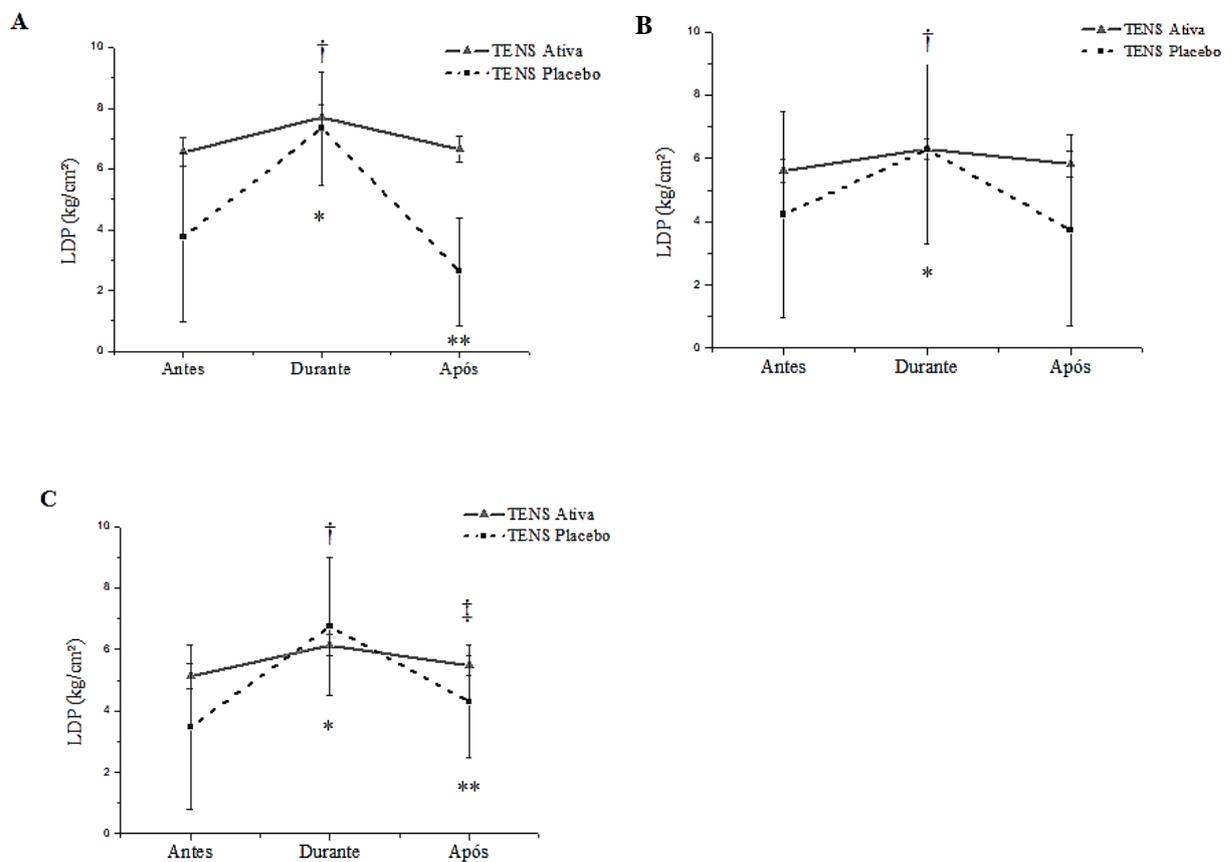


Figura 5: Modulação condicionada da dor (MCD) nos grupos TENS ativa e TENS placebo. A: MCD da avaliação. B: MCD da reavaliação imediata. C: MCD da reavaliação de 24h. Dados expressos em média e erro padrão. *Diferença significativa entre antes e durante do teste de MCD no grupo TENS placebo ($p=0,01$). **Diferença significativa entre durante e após do teste de MCD no grupo TENS placebo ($p=0,02$). † Diferença significativa entre antes e durante do teste de MCD no grupo TENS ativa ($p=0,001$). ‡ Diferença significativa entre durante e após do teste de MCD no grupo TENS ativa ($p=0,03$). Teste T pareado.

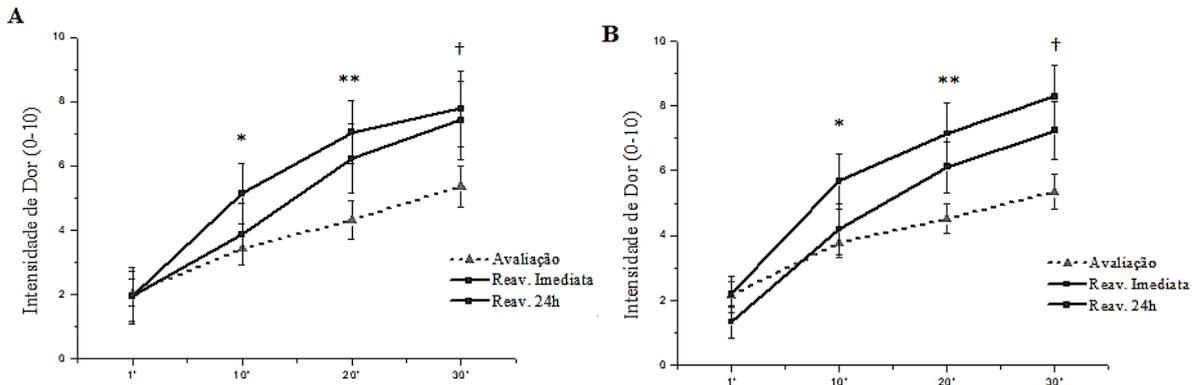


Figura 6: Somação temporal da dor medido pela escala numérica (0-10). Reav.: reavaliação. Dados expressos em média e erro padrão. **A:** ST do grupo TENS ativa. *Diferença significativa entre 1' e 20' do grupo TENS ativa nos momentos de avaliação ($p=0,001$). **Diferença significativa entre 10' e 20' do grupo TENS ativa nos momentos de avaliação ($p=0,001$). †Diferença significativa entre 20' e 30' do grupo TENS ativa nos momentos de avaliação ($p=0,002$). Teste T pareado. **B:** ST do grupo TENS placebo. *Diferença significativa entre 1' e 20' do grupo TENS placebo nos momentos de avaliação ($p=0,001$). **Diferença significativa entre 10' e 20' do grupo TENS placebo nos momentos de avaliação ($p=0,002$). †Diferença significativa entre 20' e 30' do grupo TENS placebo nos momentos de avaliação ($p=0,001$). Teste T pareado.

6.4 Variáveis de Função

Houve aumento da fadiga muscular em repouso da avaliação para a reavaliação imediata no grupo TENS ativa ($p=0,002$; IC 95%: 4,61 a 4,91) e no grupo TENS placebo ($p=0,001$; IC 95%: 3,05 a 5,46) e da reavaliação imediata para a reavaliação de 24h no grupo TENS ativa ($p=0,001$; IC 95%: 0,91 a 2,38) e no grupo TENS placebo ($p=0,002$; IC 95%: 0,70 a 2,09). Não houve diferença entre os grupos. De forma semelhante, ocorreu na fadiga em movimento em que a intensidade de fadiga aumentou a cada série de exercício no grupo TENS e no placebo ($p<0,05$), porém sem diferença entre os grupos (figura 7).

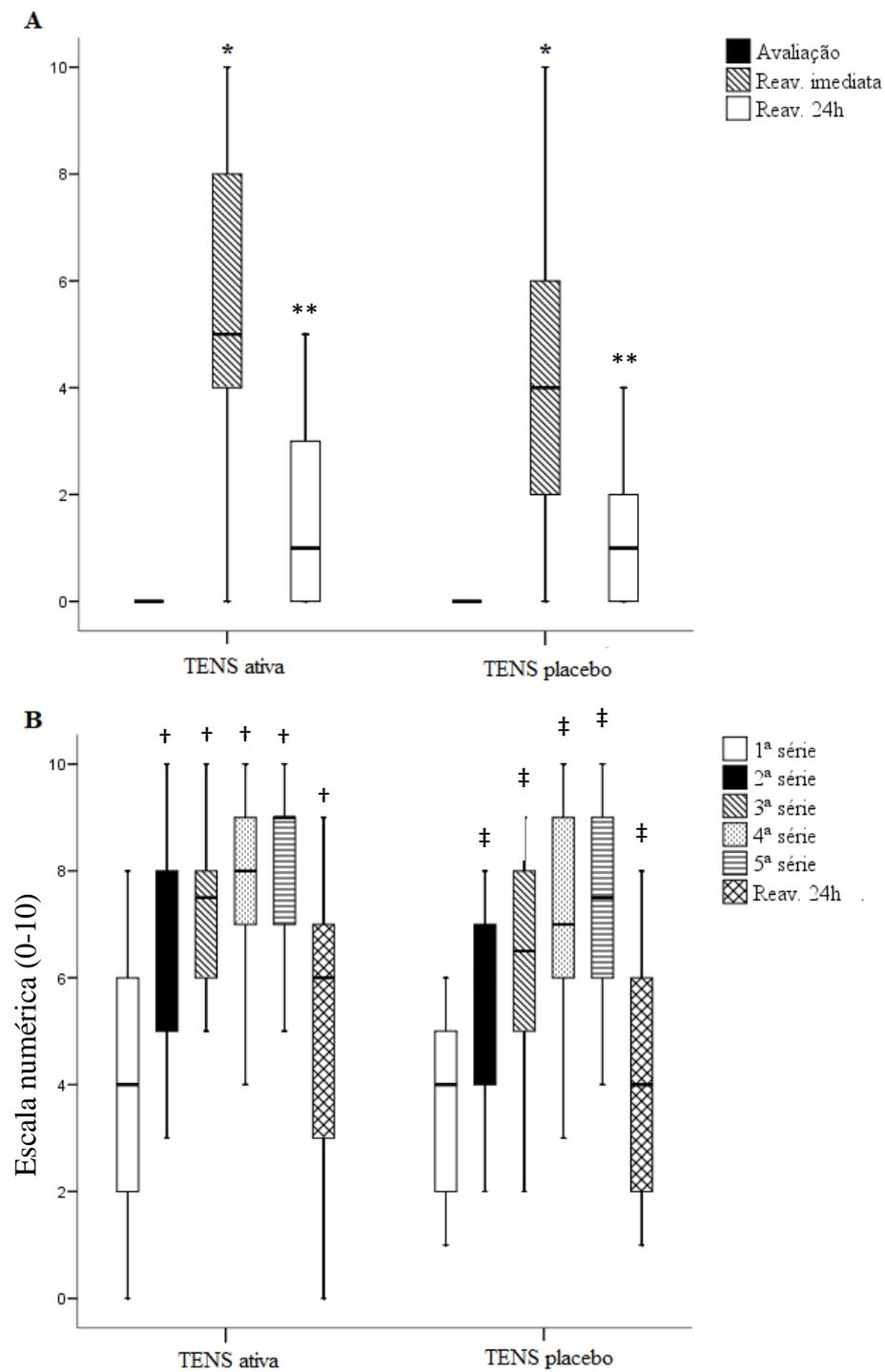


Figura 7: Fadiga muscular medida pela escala numérica (0-10) dos grupos TENS ativa e TENS placebo. Reav.: reavaliação. (A) em repouso e (B) em movimento. Dados apresentados em mediana e percentil. *Diferença significativa intra-grupo entre avaliação e reavaliação imediata ($p < 0,05$). **Diferença significativa intra-grupo entre reavaliação imediata e reavaliação de 24h ($p < 0,05$). †Diferença significativa entre as séries do grupo TENS ativa ($p < 0,05$). ‡Diferença significativa entre as séries do grupo TENS placebo. Teste de Wilcoxon e Mann-Whitney.

Houve redução significativa da potência muscular (PM) no grupo TENS ativa no exercício de remada na reavaliação imediata em relação ao basal ($p=0,01$; IC 95%: 207,01 a 287,11) e aumento 24 h após a reavaliação imediata ($p=0,03$; IC 95%: 215,98 a 295,81), porém ainda inferior ao momento basal ($p=0,01$; IC 95%: 229,59 a 319,83). No grupo TENS placebo, também ocorreu redução da PM da avaliação para a reavaliação imediata ($p=0,001$; IC 95%: 198,41 a 282,85), mas não houve diferença entre os valores da reavaliação imediata para a de 24h. Não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Já no exercício de supino, houve redução da PM do grupo TENS ativa da avaliação para reavaliação imediata ($p=0,002$; IC 95%: 111,41 a 175,92) e também da reavaliação imediata para a reavaliação de 24h ($p=0,003$; IC 95%: 98,95 a 159,04). No grupo TENS placebo, não houve diferença significativa da PM entre os momentos de avaliação no exercício de supino. Apesar disso, não foi constatada diferença estatisticamente significativa entre os grupos TENS ativa e TENS placebo (tabela 4).

	Remada			Supino		
	TENS ativa	TENS placebo	p	TENS ativa	TENS placebo	p
Aval.	274,71±107,97	279,34±117,88	0,89	161,13±84,41	141,26±78,62	0,42
Reav.	237,62±79,65	233,89±102,81	0,89	143,67±77,19	123,05±83,44	0,40
Reav. 24h	255,90±95,51	251,71±105,84	0,89	128,99±71,90	123,88±65,40	0,80

Tabela 4: Potência muscular nos exercícios de remada e de supino dos grupos TENS ativa e TENS placebo entre os momentos de avaliação. Aval.: avaliação. Reav.: reavaliação. Valores expressos em média e desvio padrão. Teste T independente.

Verificou-se maior tolerância física ao exercício de remada na reavaliação imediata do grupo TENS ativa ($18,27 \pm 5,27$; IC 95%: 16,21 a 24) em comparação ao grupo TENS placebo ($15,51 \pm 6,21$; IC 95%: 13,32 a 18,93) com diferença estatisticamente significativa ($p=0,03$) (figura 8). Na análise intra-grupo, o grupo TENS ativa e o TENS placebo reduziram a TF da avaliação para a reavaliação imediata e aumentaram da reavaliação imediata para a reavaliação de 24h ($p<0,05$; IC 95% TENS ativa: 25,59 a 33,24; IC 95% TENS placebo: 19,33 a 28,76), porém, apenas no grupo TENS ativa houve o retorno da TF aos valores basais (IC 95%: 27,97 a 36,91). Já na tolerância física ao exercício de supino, os grupos se comportaram de maneira semelhante, sem diferença estatística entre eles, ambos apresentaram diminuição da TF na reavaliação imediata e tardia ($p<0,05$).

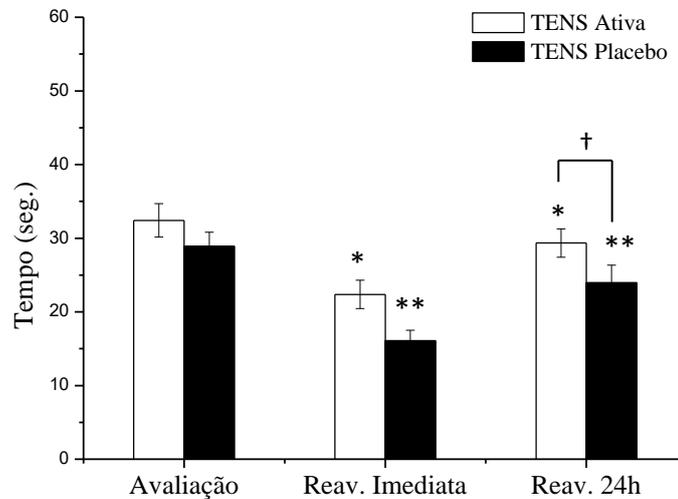


Figura 8: Tolerância física ao exercício de remada do grupo TENS ativa e TENS placebo entre os momentos de avaliação. Reav.: reavaliação. Dados expressos em média e erro padrão. *Diferença estatisticamente significativa entre avaliação-reavaliação imediata e reavaliação imediata-reavaliação 24h do grupo TENS ativa ($p < 0,05$). **Diferença estatisticamente significativa entre avaliação-reavaliação imediata e reavaliação imediata-reavaliação 24h do grupo TENS placebo ($p < 0,05$). †Diferença estatisticamente significativa entre os grupos TENS ativa e TENS placebo ($p = 0,03$). Teste T pareado e independente.

O número de repetições realizadas na 5ª série do exercício de remada foi significativamente maior no grupo tratado com TENS ativa ($2,86 \pm 1,24$; IC 95%: 2,34 a 3,38) em comparação ao grupo TENS placebo ($1,81 \pm 0,79$; $p = 0,001$; IC 95%: 1,55 a 2,27) (figura 9). Ambos os grupos diminuiram o número de repetições a cada série executada ($p = 0,001$) quando comparado com a série anterior. Em contrapartida, no exercício de supino, os dois grupos tiveram resultados iguais, com a redução das repetições a cada série ($p < 0,05$), sem diferença entre os grupos.

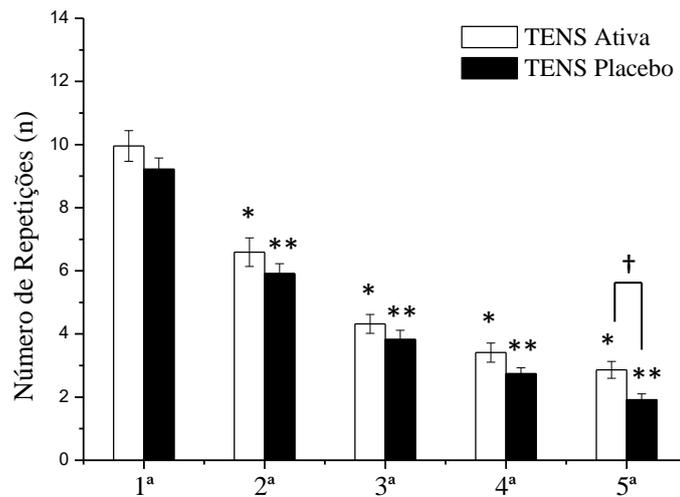


Figura 9: Número de repetições realizadas ao longo de 5 séries no exercício de remada nos grupos TENS ativa e TENS placebo. Dados expressos em média e erro padrão. *Diferença estatisticamente significativa entre as séries do grupo TENS ativa ($p < 0,05$). **Diferença estatisticamente significativa entre as séries do grupo TENS placebo ($p < 0,05$). †Diferença estatisticamente significativa entre os grupos TENS ativa e TENS placebo ($p = 0,001$). Teste T pareado e independente.

6.5 Variável de Temperatura Cutânea

Ao compararmos como medida de confiabilidade a temperatura bilateral dos músculos testados, não foi verificada diferença entre os hemisférios ($p > 0,05$).

Na análise inter-grupos, detectou-se que a temperatura do peitoral maior no grupo TENS ativa (IC 95%: 33,28 a 34,46) foi significativamente maior do que no grupo TENS placebo (IC 95%: 32,36 a 33,70) na reavaliação imediata ($p = 0,04$) (tabelas 5 e 6). Mas esse aumento se deve ao fato de que na termografia do músculo peitoral maior direito e esquerdo do grupo TENS ativa não houve diferença na temperatura entre os momentos de avaliação, enquanto que no grupo TENS placebo ocorreu diminuição de temperatura da avaliação para a reavaliação imediata ($p = 0,01$; IC 95%: 32,36 a 33,70) e aumento da temperatura da reavaliação imediata para a de 24h ($p = 0,02$; IC 95%: 33,43 a 34,57).

Na termografia do músculo grande dorsal direito e esquerdo, ambos os grupos se comportaram de forma semelhante. A temperatura baixou da avaliação para a reavaliação imediata e retornou aos valores iniciais na reavaliação de 24h ($p < 0,05$). Sem diferença entre os grupos (tabela 5 e 6).

	Peitoral maior direito			Grande dorsal direito		
	TENS ativa	TENS placebo	p	TENS ativa	TENS placebo	p
Aval.	33,65± 1,72	34,07± 0,72	0,28	32,79± 1,71	32,96± 1,13	0,70
Reav.	34,02± 1,21	33,11± 1,60	0,04*	32,34± 1,08	32,51± 1,98	0,57
Reav. 24h	33,60± 1,94	34,15± 1,72	0,24	33,08± 1,48	33,20± 1,01	0,74

Tabela 5: Temperatura cutânea (graus) dos músculos peitoral maior e grande dorsal direito dos grupos TENS ativa e TENS placebo. Aval.: avaliação. Reav.: reavaliação imediata. *Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,005$). Valores expressos em média e desvio padrão. Teste T pareado e independente.

	Peitoral maior esquerdo			Grande dorsal esquerdo		
	TENS ativa	TENS placebo	p	TENS ativa	TENS placebo	p
Aval.	33,65± 1,72	34,07± 0,72	0,28	32,79± 1,71	32,96± 1,13	0,70
Reav.	34,02± 1,21	33,11± 1,60	0,04*	32,34± 1,08	32,51± 1,98	0,57
Reav. 24h	33,60± 1,94	34,15± 1,72	0,24	33,08± 1,48	33,20± 1,01	0,74

Tabela 6: Temperatura cutânea (graus) dos músculos peitoral maior e grande dorsal esquerdo dos grupos TENS ativa e TENS placebo. Aval.: avaliação. Reav.: reavaliação imediata. Reav. 24h: reavaliação de 24h. *Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,005$). Valores expressos em média e desvio padrão. Teste T pareado e independente.

7 DISCUSSÃO

Vários estudos têm mostrado que a maior efetividade analgésica da TENS em pacientes com dores crônicas é no momento da sua aplicação (MORAN et al., 2011; PANTALEÃO et al., 2011; VANCE et al., 2012), porém, há escassez na literatura sobre aplicação da TENS de forma preventiva e seu potencial analgésico. Sugerimos que a aplicação preventiva da TENS na DMT de indivíduos destreinados ativou as vias inibitórias descendentes permitindo um melhor desempenho físico ao exercício em comparação ao grupo TENS placebo, sem alterar a dor e a fadiga entre os grupos. Em concordância com esses achados, revisões sistemáticas com metanálise que utilizam fármacos analgésicos no pré-operatório de pacientes têm constatado redução da dor pós-operatória e também, redução do consumo de analgésicos (SHIRVANI et al., 2016; STEINBERG et al., 2017).

Há poucos estudos avaliando os efeitos da TENS na DMT de indivíduos saudáveis. Nos três estudos encontrados sobre TENS e DMT em voluntários saudáveis, Craig et al. (1996) não encontraram redução de dor e fadiga em comparação ao placebo, assim como nosso estudo, e no estudo de Mankovsky-Arnold et al. (2013) e de Astokorki e Mauger (2017) mostraram que a TENS melhorou essas variáveis. Além dos protocolos de indução de DMT entre esses artigos e o presente estudo serem semelhantes apenas em preconizarem a contração excêntrica, os parâmetros de utilização da TENS também variam bastante. Os autores dos três artigos controlaram a amostra com grupos placebos, porém, com aparelhos desligados. Nós utilizamos um aparelho de TENS com circuito interno modificado para liberar a corrente apenas nos primeiros 30 segundos de estimulação, procedimento que tem maior confiabilidade do que a ausência de corrente (RAKEL et al., 2010). Além disso, esses artigos utilizaram como instrumento principal para a avaliação da dor apenas a escala numérica da dor, sendo que apenas Mankovsky-Arnold et al. (2013) a utilizaram em repouso e em movimento. Apesar de ser uma mensuração validada para percepção de dor (JENSEN; KAROLY; BRAVER, 1986), tem um caráter bastante subjetivo. Aliar outros instrumentos, como o LDP, ST e MCD, à escala numérica da dor, como preconizado por nosso estudo, oferece melhores interpretações sobre o processo doloroso e os mecanismos inibitórios da dor da TENS.

Nossos resultados mostraram que a TENS foi superior ao grupo placebo no que se refere a alguns desfechos funcionais. Os voluntários tratados com TENS ativa tiveram maior

tolerância física ao exercício de remada 24h depois da indução do exercício, sugerindo que recuperaram sua resistência em comparação ao grupo placebo. Além disso, durante o exercício realizaram mais repetições na remada, o que refletiu num aumento mais pronunciado da frequência respiratória. Ainda assim, sua dor e fadiga imediata e tardia não foram maiores do que no grupo placebo, o que seria esperado perante o maior volume de exercício (FLECK; KRAEMER, 1997).

Ambos os grupos reduziram a tolerância física dos dois exercícios realizados, evidenciando a resposta fisiológica frente ao exercício, já que a dor muscular e a fadiga reduzem a capacidade de contração muscular e a geração de força (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; UCHIDA et al., 2009).

Em concordância com os nossos resultados, outros estudos realizaram testes de tolerância física através de contrações musculares isométricas nas musculaturas envolvidas na indução de DMT e verificaram o efeito da TENS na melhoria do tempo de tolerância ao exercício (ASTOKORKI; MAUGER, 2017a; MANKOVSKY-ARNOLD et al., 2013). O diferencial entre esses estudos e o presente estudo é que os efeitos de suas intervenções foram apenas imediatos após o exercício e o nosso apresentou efeito tardio na reavaliação de 24h, sugerindo maior recuperação da resistência muscular. Em outros ensaios clínicos com tratamentos não farmacológicos (laser de baixa potência, corrente interferencial e transcranial) para DMT, a tolerância física foi avaliada como meio para medir desempenho físico (ANTONIALI et al., 2014; ROCHA et al., 2012; SAYENKO et al., 2015). Tais intervenções também foram efetivas para melhorar o desempenho físico da amostra. Estes dados mais recentes revelam a busca por tratamentos não farmacológicos que visem tanto à redução da dor quanto a melhoria da função e do desempenho para potencializar os efeitos dos exercícios físicos e, dessa forma, beneficiar populações de atletas, por exemplo, que necessitam de um retorno rápido ao esporte após lesões; e também, indivíduos com dores crônicas que necessitam realizar atividades físicas, mas sofrem com a agudização da dor provocada por ele.

O número de repetições realizadas em um exercício físico é relacionado ao seu volume total (séries x repetições x carga). Este, juntamente com a intensidade do exercício, afeta a modulação dos sistemas neuroendócrino e muscular, relacionados ao ganho de força e resistência muscular (FLECK; KRAEMER et al., 1997). No estudo de Uchida et al. (2009), ao compararem diferentes intensidades de exercício (% de RM) com o volume total equalizado, descobriram que volume é o fator que mais influencia a magnitude da DMT. Portanto, o fato dos voluntários da nossa pesquisa conseguirem realizar maior número de repetições do exercício após administração da TENS de forma preventiva, aumentando,

assim, o volume total de exercício, pode indicar que o indivíduo pode se beneficiar com ganho mais efetivo de força e de resistência muscular quando incluído em um programa contínuo de atividade física.

Vale salientar que esses resultados positivos de tolerância física e número de repetições, somente ocorreram para o exercício de remada e não para o de supino. Este fato pode se dever a maior complexidade de execução de movimento do exercício de supino, já que foi feito com uma barra livre e não numa máquina guiada como o de remada. Isto torna o exercício dependente de muitos fatores, como a consciência corporal do indivíduo e a compreensão do exercício (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; CLARKSON, 1992). Além disso, o exercício de supino envolve grupamentos musculares menores, que exigem um pico de força muscular maior (NEUMANN, 2006).

Quanto ao aumento da frequência respiratória, estudos anteriores constataram a ocorrência de hiperpnéia em indivíduos destreinados em resposta a DMT, e supuseram que seria em parte devido ao reflexo neural periférico exagerado (HOTTA et al., 2006). Neste estudo, esta resposta ocorreu para todos os voluntários, porém foi mais evidente no grupo tratado com TENS ativa. Como a hiperpnéia é relacionada à intensidade do exercício (HOTTA et al., 2006), o maior volume de exercício do grupo TENS pode ter provocado aumento mais pronunciado da FR.

O diferencial do nosso protocolo em relação a outros procedimentos já descritos na literatura que preconizaram exercícios excêntricos para gerar DMT (BISHOP et al., 2011; DANNERCKER; SLUKA, 2011; NIE et al., 2006; UCHIDA et al., 2009) foi a utilização de exercícios funcionais de empurrar (supino) e de puxar (remada), que mais se assemelham a atividades desportivas e usuais de vida diária. O protocolo de DMT também se mostrou seguro do ponto de vista cardiovascular, já que esses parâmetros tiveram aumentos considerados adequados ao padrão fisiológico frente ao exercício físico resistido (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2005). No estudo de Lazarou et al. (2009), a TENS não influenciou a atividade autonômica da PA de indivíduos saudáveis.

O protocolo desenvolvido nesta pesquisa se mostrou eficaz para indução da dor muscular tardia experimental em indivíduos destreinados. Observaram-se fenômenos como aumento clinicamente relevante de 2 ou mais pontos na escala numérica de 11 pontos, disfunção temporária de membros superiores pelo questionário DASH e redução do limiar de dor por pressão, corroborando outros estudos em que DMT foi induzida por exercícios excêntricos

(ASTOKORKI; MAUGER, 2017b; CRAIG et al., 1996; FLECKENSTEIN et al., 2017; MANKOVSKY-ARNOLD et al., 2013; UCHIDA et al., 2009)

Sabe-se que a dor e o dano muscular causado pelo exercício reduz o limiar de dor das musculaturas envolvidas (DANNERCKER; SLUKA, 2011; FLECKENSTEIN et al., 2017; LAZAROU; ATHANASIOS, 2009; NIE et al., 2006). A TENS com intensidade alta e com regulação dessa intensidade a curtos períodos de tempo, como preconizado neste estudo, tem mostrado ser mais eficaz tanto para intensidade de dor quanto para melhora do LDP de voluntários saudáveis, com sustentação desse efeito pós-estimulação (LAZAROU; ATHANASIOS, 2009; MORAN et al., 2011), o que indicaria efeito benéfico da TENS no LDP em indivíduos com DTM. Apesar disso, neste delineamento de estudo, ela não mostrou efeito superior ao grupo placebo no que se refere ao alívio da dor.

Nossos achados revelam que ocorreu redução do LDP apenas no grupo tratado com TENS nos locais de hiperalgesia primária (peitoral maior e grande dorsal), imediatamente e após 24h da indução da DMT, o que provavelmente ocorreu devido a maior intensidade/volume de exercício tolerada pelos participantes, os quais executaram mais repetições. Dessa forma, os mecanorreceptores da dor podem ter sido estimulados por um período maior de tempo (BISHOP et al., 2011). A redução do LDP no tibial anterior e nos flexores do antebraço aconteceu apenas na reavaliação imediata, o que pode significar que a hiperalgesia secundária provocada pelo exercício seria apenas logo após este e não tardia; corroborando a sintomatologia da DMT, em que ocorre hipersensibilidade nos músculos afetados (BISHOP et al., 2011; CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; CLARKSON et al., 1992).

A avaliação da modulação condicionada da dor tem sido utilizada de forma indireta para avaliar a efetividade da ativação das vias inibitórias descendentes, responsáveis pela resposta de hipoalgesia (LE BARS et al., 1979; YARNITSKY et al., 2010). Em vários pacientes com dores crônicas, esse mecanismo inibitório está diminuído (DAILEY et al., 2013; JOHNSON; MARTINSON, 2007; NOEHREN et al., 2015; RAKEL et al., 2010; VANCE et al., 2012) A TENS ativa essas vias para reduzir a excitabilidade dos neurônios nociceptivos na medula espinal (DESANTANA et al., 2008; KALRA; URBAN; SLUKA, 2001; SLUKA et al., 2013) e, por isso, têm mostrado melhora da MCD e, conseqüentemente, reativação das vias inibitórias da dor em pacientes com disfunções (DAILEY et al., 2013; RAKEL et al., 2010; VANCE et al., 2012). Nos nossos achados, o grande estímulo nocivo

promovido pelo exercício extenuante provocou redução da capacidade de uma dor inibir outra dor de todos voluntários, ao reduzir o LDP durante a isquemia do teste de MCD na reavaliação imediata e após 24h. Porém, a TENS não teve efeito sobre o MCD em comparação ao placebo. Nenhum estudo que avaliasse a MCD na DMT foi encontrado.

Outro método de avaliar a ativação das vias inibitórias da dor é pelo teste de somação temporal (VASE et al., 2011). Vários tipos de estímulos nocivos repetitivos provocam ST da dor, que é um termo utilizado para descrever aumentos na intensidade da dor. Pesquisas experimentais e com seres humanos indicam que a somação temporal resulta da hipersensibilização de neurônios do corno dorsal da medula espinhal (LIEBANO et al., 2011; RAKEL et al., 2010; VASE et al., 2011) Por expressar esse fenômeno de sensibilização central, a somação temporal tem sido verificada nos estudos da TENS em resposta a estimulação elétrica, térmica ou de pressão (LIEBANO et al., 2011; MA; SLUKA, 2001).

Liebano et al. (2011) e Rakel et al. (2010) constataram a redução da somação temporal após uso da TENS a partir da dor por pressão em indivíduos saudáveis. No estudo de Nie et al. (2006) foi constatada alteração da somação temporal na DTM de indivíduos saudáveis e concluíram que a dor muscular aumenta a excitabilidade central via mecanismos de sensibilização periférica. A TENS poderia também ter o potencial para reduzir a somação temporal provocada pelo estímulo nocivo repetitivo de exercícios ou atividades físicas funcionais. No único estudo encontrado que investigou o efeito da TENS na somação temporal na presença de DMT, a TENS reduziu somação da dor induzida por atividade repetitiva denominada pelos autores como “repetition-induced summation of pain” em indivíduos saudáveis após 24h de indução de DMT (MANKOVSKY-ARNOLD et al., 2013). Por ser um método de avaliação único, não pode ser completamente comparado com o método de somação temporal da dor por pressão utilizado no presente estudo. Constatamos, como esperado, que houve somação temporal induzida por DMT, corroborando o estudo de Nie et al. (2006), mas a TENS não foi capaz de reduzir a excitabilidade central neste protocolo.

Outra forma de avaliar o desempenho físico é por meio da mensuração da potência muscular, que, por sua vez, é muito dependente da força muscular. O treino de potência é fundamental na população de atletas uma vez que os gestos desportivos exigem que seja realizado o maior pico de força muscular a maior velocidade possível (FONSECA et al., 2016; HILMERSSON; EDVARDSSON; TORNBERG, 2015).

Sabe-se que o dano muscular causado pelo exercício extenuante provoca redução da potência (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003) e estratégias que visem sua melhora são bem-vindas, principalmente na população de atletas que têm a sua performance diminuída na presença de DMT (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; FONSECA et al., 2016).

No artigo de Fonseca et al. (2016), ao avaliarem a efetividade da crioterapia de imersão em atletas de jiu-jitsu com DMT, observaram redução dos níveis circulatórios de lactato, resultando em menor percepção de dor muscular e melhora da potência muscular. Neste estudo, a TENS não foi efetiva na melhora da potência muscular, que foi reduzida após os exercícios para ambos os grupos. O fator que pode ter influenciado este resultado é a característica da população, por se tratar de indivíduos destreinados e não possuírem adaptação muscular para força de explosão. Como o protocolo de DMT e a TENS foram aplicados apenas uma vez, não seriam capazes de gerar essa adaptação de controle motor (ARENDRT-NIELSEN; GRAVEN-NIELSEN, 2008; FLECK; KRAEMER, 1997). Nenhum outro artigo avaliou os efeitos da TENS na potência muscular na presença de DMT para tecermos comparações. As vantagens de se utilizar a termografia para avaliar alterações fisiológicas que influenciam a temperatura da pele se dão por ser um método não invasivo, que não provoca dor e não é prejudicial ao avaliado (NAHM, 2013). Tem sido utilizada na avaliação de dor em diferentes disfunções, entre elas a síndrome miofascial (AL-NAKHLI et al., 2012; HADDAD; BRIOSCHI; ARITA, 2012; NAHM, 2013); com base na teoria de que a temperatura se altera frente a um estresse no corpo de forma simétrica entre os seus lados e a retirada deste estresse restauraria a temperatura também de forma simétrica. Porém, se a temperatura se tornar assimétrica, se considera que existe uma anormalidade naquele segmento (NAHM, 2013).

Al-Nakhli et al. (2012) sugeriram que a imagem termográfica pode ser uma técnica válida para detectar a DMT, principalmente nas primeiras 24h. A resposta vascular inicial ao exercício envolve redução do fluxo sanguíneo mediado pelo aumento do fluxo vasoconstritor simpático. À medida que o exercício progride e a temperatura do corpo começa a aumentar, o fenômeno oposto começa a ocorrer (vasodilatação) para reduzir o calor corporal (ADAMCZYK et al., 2016; SIMMONS et al., 2011). Talvez esse seja o motivo do nosso achado da média de temperatura estar menor na reavaliação imediatamente após o exercício para ambos os grupos. Já a temperatura elevada na reavaliação de 24h pode refletir o pico de dano muscular causado pelo exercício. Esse achado corrobora o estudo de Adamczyk et al. (2016), que constataram redução da média da temperatura imediatamente após o exercício nas imagens termográficas e o aumento da mesma na reavaliação de 30 minutos após o exercício

no grupo controle, o que não ocorreu no grupo teste porque a crioterapia foi efetiva em reduzir a temperatura e melhorar os danos provocados pelo DMT.

Uma limitação do nosso estudo foi a realização da reavaliação tardia apenas nas 24h seguintes por questões de conveniência da amostra e para evitar perdas. O início dos sintomas da DMT é a partir das 24h, porém, o pico destes seriam 72h após o exercício (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003), portanto seria interessante a reavaliação também nesse momento. Outra limitação que pode ter influenciado nos resultados da nossa pesquisa, foi a dificuldade em controlar as compensações dos voluntários ao realizarem os exercícios, como flexão de punho e hiperextensão de coluna, e também, o total controle da velocidade e cadência dos exercícios. Isso se deve aos aparelhos de musculação utilizados, principalmente, o de supino por ser uma estrutura livre, fato que poderia ser resolvido com a utilização de um aparelho isocinético. E também, a própria dificuldade de entendimento dos voluntários por serem destreinados e não terem adaptações neuromusculares aos exercícios propostos.

É interessante que próximos estudos verifiquem o que ocorre com a tolerância física, principalmente, nas 48h e 72h seguintes, por exemplo. E, ainda, avaliar os efeitos da TENS em longo prazo sobre a DMT em um programa continuado de exercícios. Há a necessidade de se investigar esses efeitos e ampliá-los para as populações que podem se beneficiar com eles, como doentes crônicos, idosos e atletas.

8 CONCLUSÃO

Os voluntários tratados com TENS preventiva tiveram melhor tolerância física ao exercício 24h depois da indução da DMT, sugerindo que recuperaram seu desempenho físico em comparação ao grupo placebo. Além disso, durante o exercício realizaram mais repetições, o que refletiu num maior volume de exercício. Ainda assim, sua dor e fadiga imediata e tardia não foram maiores do que no grupo placebo.

REFERÊNCIAS

- ADAMCZYK, J. G. et al. The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery. **Journal of Thermal Biology**, v. 60, p. 20–25, 2016.
- AL-NAKHLI, H. H. et al. The Use of Thermal Infra-Red Imaging to Detect Delayed Onset Muscle Soreness. **Journal of Visualized Experiments**, n. 59, p. 1–9, 2012.
- ANTONIALLI, F. C. et al. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. **Lasers in Medical Science**, v. 29, n. 6, p. 1967–1976, 2014.
- ARENDRT-NIELSEN, L. et al. Sensitization in patients with painful knee osteoarthritis. **Pain**, v. 149, n. 3, p. 573–581, 2010.
- ARENDRT-NIELSEN, L.; GRAVEN-NIELSEN, T. Muscle Pain: Sensory Implications and Interaction With Motor Control. **The Clinical Journal of Pain**, v. 24, n. 4, p. 291–298, 2008.
- ASTOKORKI, A. H. Y.; MAUGER, A. R. Tolerance of exercise-induced pain at a fixed rating of perceived exertion predicts time trial cycling performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 27, n. 3, p. 309–317, 2017a.
- ASTOKORKI, A. H. Y.; MAUGER, A. R. Transcutaneous electrical nerve stimulation reduces exercise-induced perceived pain and improves endurance exercise performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 3, p. 483–492, 2017b.
- BISHOP, M. D. et al. Self-reported pain and disability outcomes from an endogenous model of muscular back pain. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 12, n. 1, p. 35, 2011.
- CHANDRAN, P.; SLUKA, K. Development of opioid tolerance with repeated TENS administration. **Pain**, v. 102, p. 195–201, 2003.
- CHESTERTON, L. S. et al. Interrater Reliability of Algometry in Measuring Pressure Pain Thresholds in Healthy Humans, Using Multiple Raters. **The Clinical Journal of Pain**, v. 23, n. 9, p. 760–766, 2007.
- CHEUNG, K.; HUME, P. A.; MAXWELL, L. Treatment Strategies and Performance Factors. **Sports Medicine**, v. 33, n. 2, p. 145–164, 2003.

- CRAIG, J. A et al. Lack of effect of transcutaneous electrical nerve stimulation upon experimentally induced delayed onset muscle soreness in humans. **Pain**, v. 67, p. 285–289, 1996.
- DAILEY, D. L. et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation reduces pain, fatigue and hyperalgesia while restoring central inhibition in primary fibromyalgia. **Pain**, v. 154, n. 11, p. 2554–2562, 2013.
- DANNERCKER, E.; SLUKA, K. Pressure and Activity-Related Allodynia in Delayed-Onset Muscle Pain. **Clinical Journal Pain**, v. 27, n. 1, p. 42–47, 2011.
- DESANTANA, J. et al. Effectiveness of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation for Treatment of Hyperalgesia and Pain. **Curr Rheumatol Rep.**, v. 10, n. 6, p. 492–499., 2008.
- FLECKENSTEIN, J. et al. The pain threshold of high-threshold mechanosensitive receptors subsequent to maximal eccentric exercise is a potential marker in the prediction of DOMS associated impairment. **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, p. 1–17, 2017.
- FONSECA, L. B. et al. Use of cold-water immersion to reduce muscle damage and delayed-onset muscle soreness and preserve muscle power in Jiu-Jitsu athletes. **Journal of Athletic Training**, v. 51, n. 7, p. 540–549, 2016.
- HADDAD, D. S.; BRIOSCHI, M. L.; ARITA, E. S. Thermographic and clinical correlation of myofascial trigger points in the masticatory muscles. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 41, n. 8, p. 621–629, 2012.
- HALLAL, P. C. et al. Physical activity: prevalence and associated variables in Brazilians adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 10, p. 1894–900, 2003.
- HILMERSSON, M.; EDVARDSSON, I.; TORNBERG, Å. B. Power of counter movement jumps with external load - coherence of three assessment methods. **BMC research notes**, v. 8, p. 156, 2015.
- HOTTA, N. et al. Ventilatory and circulatory responses at the onset of exercise after eccentric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 5, p. 598–606, 2006.
- JENSEN, M. P.; KAROLY, P.; BRAVER, S. The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods. **Pain**, v. 27, n. 1, p. 117–126, 1986.

- JOHNSON, M.; MARTINSON, M. Efficacy of electrical nerve stimulation for chronic musculoskeletal pain: A meta-analysis of randomized controlled trials. **Pain**, v. 130, n. 1–2, p. 157–165, 2007.
- KALRA, A.; URBAN, M. O.; SLUKA, K. A. Blockade of Opioid Receptors in Rostral Ventral Medulla Prevents Antihyperalgesia Produced by Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS). **J. Pharmacol. Exp. Ther.**, v. 298, n. 1, p. 257–263, 2001.
- KING, P. M.; TUCKWELL, N.; BARRETT, T. E. A Critical review of functional capacity evaluations. **Physical Therapy**, v. 78, n. 8, p. 852–866, 1998.
- LAZAROU, L.; ATHANASIOS, K. Effects of Intensity of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) on Pressure Pain Threshold and Blood Pressure in Healthy Humans. **Clinical Journal Pain**, v. 25, n. 9, p. 773–780, 2009.
- LIEBANO, R. E. et al. An investigation of the development of analgesic tolerance to TENS in humans. **Pain**, v. 152, n. 2, p. 335–342, 2011.
- MANKOVSKY-ARNOLD, T. et al. TENS attenuates repetition-induced summation of activity-related pain following experimentally induced muscle soreness. **Journal of Pain**, v. 14, n. 11, p. 1416–1424, 2013.
- MATSUDA, Y. et al. Pain-Related Brain Activity Evoked by Active and Dynamic Arm Movement: Delayed-Onset Muscle Soreness as a Promising Model for Studying Movement-Related Pain in Humans. **Pain Medicine (United States)**, v. 16, n. 8, p. 1528–1539, 2015.
- MATSUDO, S. et al. Questionário Internacional De Atividade Física (Ipaq): Estupo De Validade E Reprodutibilidade No Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 2012.
- MORAN, F. et al. Hypoalgesia in response to transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) depends on stimulation intensity. **Journal of Pain**, v. 12, n. 8, p. 929–935, 2011.
- NAHM, F. S. Infrared thermography in pain medicine. **The Korean journal of pain**, v. 26, n. 3, p. 219–22, 2013.
- NIE, H. et al. Enhanced temporal summation of pressure pain in the trapezius muscle after delayed onset muscle soreness. **Experimental Brain Research**, v. 170, n. 2, p. 182–190, 2006.

- NOEHREN, B. et al. Effect of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Pain, Function, and Quality of Life in Fibromyalgia: A Double-Blind Randomized Clinical Trial. **Physical Therapy**, v. 95, n. 1, p. 129–140, 2015.
- ORFALE, A. G. et al. Translation into Brazilian Portuguese, cultural adaptation and evaluation of the reliability of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand questionnaire. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, n. 2, p. 293–302, 2005.
- PANTALEÃO, M. A. et al. Adjusting pulse amplitude during transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) application produces greater hypoalgesia. **Journal of Pain**, v. 12, n. 5, p. 581–590, 2011.
- PARRA, J. et al. Analgesia Preventiva en un modelo experimental de dolor visceral. **Rev. Mex. Anest.**, v. 22, p. 116–121, 1999.
- PROSKE, U.; ALLEN, T. J. Damage to Skeletal Muscle from Eccentric Exercise. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 33, n. 2, p. 98–104, 2005.
- RA, J. Y. et al. Skin Temperature Changes in Patients With Unilateral Lumbosacral Radiculopathy. **Annals of Rehabilitation Medicine**, v. 37, n. 3, p. 355, 2013.
- RAKEL, B. et al. A New Transient Sham TENS Device Allows for Investigator Blinding While Delivering a True Placebo Treatment. **Journal of Pain**, v. 11, n. 3, p. 230–238, 2010.
- RIBEIRO, A. S. et al. Reliability of one-repetition maximum test in untrained young adult men and women. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 22, n. 3, p. 175–182, 2014.
- ROCHA, C. S. et al. Interferential therapy effect on mechanical pain threshold and isometric torque after delayed onset muscle soreness induction in human hamstrings. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 8, p. 733–742, 2012.
- SATO, K. L. et al. Increasing intensity of TENS prevents analgesic tolerance in rats. **Journal of Pain**, v. 13, n. 9, p. 884–890, 2012.
- SAYENKO, D. G. et al. Method to Reduce Muscle Fatigue During Transcutaneous Neuromuscular Electrical Stimulation in Major Knee and Ankle Muscle Groups. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 29, n. 8, p. 722–733, 2015.
- SHIRVANI, A. et al. Effect of preoperative oral analgesics on pulpal anesthesia in patients

- with irreversible pulpitis???)a systematic review and meta-analysis. **Clinical Oral Investigations**, v. 21, n. 1, p. 43–52, 2017.
- SIMMONS, G. et al. Changes in the control of skin blood flow with exercise training: where do cutaneous vascular adaptations fit in? **Exp Physiol**, v. 96, n. 9, p. 822–828, 2011.
- SLUKA, K. A. et al. What Makes Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Work? Making Sense of the Mixed Results in the Clinical Literature. **Physical Therapy**, v. 93, n. 10, p. 1397–1402, 2013.
- SLUKA, K. A.; RASMUSSEN, L. A. Fatiguing exercise enhances hyperalgesia to muscle inflammation. **Pain**, v. 148, n. 2, p. 319–335, 2011.
- STEINBERG, A. C. et al. Preemptive analgesia for postoperative hysterectomy pain control: systematic review and clinical practice guidelines. **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 217, n. 3, p. 303–313.e6, 2017.
- SULLIVAN, M. J. L. et al. An experimental investigation of the relation between catastrophizing and activity intolerance. **Pain**, v. 100, n. 1–2, p. 47–53, 2002.
- SULLIVAN, M. J. L. et al. Psychological influences on repetition-induced summation of activity-related pain in patients with chronic low back pain. **Pain**, v. 141, n. 1–2, p. 70–78, 2009.
- UCHIDA, M. C. et al. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 5, p. 499–507, 2009.
- VANCE, C. G. T. et al. Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Pain, Pain Sensitivity, and Function in People With Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. **Physical Therapy**, v. 92, n. 7, p. 898–910, 2012.
- VASE, L. et al. Cognitive-emotional sensitization contributes to wind-up-like pain in phantom limb pain patients. **Pain**, v. 152, n. 1, p. 157–162, 2011.
- WARBURTON, D. E. R. et al. INTERNATIONAL LAUNCH OF THE PAR--Q+ AND ePARmed--X+ Validation of the PAR--Q+ and ePARmed--X+. **Health & Fitness Journal of Canada Health & Fitness Journal of Canada Health & Fitness Journal of Canada**, v. 4, n. 2, p. 1920–6216, 2011.

YARNITSKY, D. et al. Recommendations on terminology and practice of psychophysical DNIC testing. **European Journal of Pain**, v. 14, n. 4, p. 339, 2010.

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Resolução nº 466/12 – Conselho Nacional da Saúde

Sr (a) foi selecionado (a) e está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada **Efeito preventivo da TENS na dor muscular tardia**, que tem como objetivo principal: **avaliar os efeitos da aplicação da TENS sob os aspectos funcionais, sensoriais e fisiológicos da dor muscular tardia após sua indução pelo exercício em voluntários saudáveis**. Este é um estudo baseado em uma abordagem **fisioterapêutica**, utilizando como método a **eletroestimulação transcutânea**.

A pesquisa terá duração de 2 anos, com o termino previsto para 2017. Suas respostas serão tratadas como **anônima** e **confidencial**, isto é, em nenhum momento será divulgado o seu nome em qualquer fase do estudo. Os **dados coletados** serão utilizados apenas **nesta** pesquisa e os resultados divulgados em eventos e/ ou revistas científicas.

Sua participação é **voluntária**, ou seja, a qualquer momento você poderá desistir de participar e **retirar seu consentimento**. Sua recusa não trará nenhum prejuízo ou penalidade.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em: (1) responder as perguntas sob a forma de questionários; (2) ser avaliado (a) pelo pesquisador por instrumentos validados e confiáveis; (3) realizar exercícios físicos controlados e orientados pelo pesquisador; (4) ser tratado através de uma corrente elétrica, não invasiva e não farmacológica, a TENS.

Sr (a) será **devidamente informado** sobre todos os procedimentos da pesquisa. Os procedimentos que serão realizados não oferecem riscos a sua integridade física, porém, os exercícios físicos realizados poderão causar dores musculares tardias. Sr (a) não terá nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras.

Sr (a) receberá uma cópia deste termo onde consta o e-mail do pesquisador responsável, e demais membros da equipe, podendo tirar as suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento. Desde já agradecemos!

Josimari Melo de Santana
Orientadora (UFS)
desantanajm@gmail.com

Thaís Alves Barreto Pereira
Orientanda (UFS)
thais_pra@hotmail.com

APÊNDICE A
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Resolução nº 466/12 – Conselho Nacional da Saúde

Declaro estar ciente do inteiro teor deste TERMO DE CONSENTIMENTO e estou de acordo em participar do estudo proposto, sabendo que dele poderei desistir a qualquer momento, sem sofrer qualquer punição ou constrangimento. Recebi uma cópia assinada deste formulário de consentimento.

_____, ____ de _____ de 2016.

Participante da pesquisa: _____

(Assinatura)

APÊNDICE B
QUESTIONÁRIO DE PRESENÇA DE FATORES DE RISCO PARA ATIVIDADES
FÍSICAS

Baseado no Questionário PAR-Q+ (WARBURTON et al., 2011)

Nome: _____
 Data: ____/____/____ Idade: _____ Peso: _____ Altura: _____
 De forma geral sua saúde está:
 () Excelente () Muito boa () Boa () Regular () Ruim

Este questionário foi elaborado para apontar possíveis fatores de risco como critério de segurança para a realização dos exercícios físicos propostos nesta pesquisa. Não sendo um indicativo de impossibilidade de prática de atividade física, porém, no caso de apresentar algum desses fatores, aconselhamos procurar orientação médica antes da realização de exercícios.

Por favor, leia atentamente cada questão e responda honestamente.

- 1- Você tem problema cardíaco ou pressão alta?
 () sim () não Se sim, identifique o problema cardíaco _____
- 2- Você sente dor no peito durante suas atividades diárias ou durante a atividade física?
 () sim () não Se sim, possui alguma doença respiratória? Qual? _____
- 3- Você tem tontura ou teve algum desmaio nos últimos 12 meses?
 () sim () não Se sim, possui alguma doença metabólica? _____
- 4- Você tem diagnóstico médico de alguma doença crônica?
 () sim () não Se sim, identifique a doença crônica _____
- 5- Atualmente está tomando algum medicamento prescrito para doenças crônicas?
 () sim () não Se sim, qual medicamento e receitado por quem? _____
- 6- No presente momento você possui algum problema ósseo ou articular que pode ser agravado com a atividade física?
 () sim () não Se sim, identifique o problema e há quanto tempo o possui _____

ANEXO A
QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA
International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)
 (FORMA CURTA)

Nome: _____
 Data: ____/____/____ Idade: _____ Sexo: F () M ()
 Você trabalha de forma remunerada? () Sim () Não
 Quantas horas você trabalha por dia? _____
 Quantos anos completos você estudou? _____
 De forma geral sua saúde está:
 () Excelente () Muito boa () Boa () Regular () Ruim

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação às pessoas dos outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo em que você gasta fazendo atividade física em uma semana **NORMAL, USUAL** ou **HABITUAL**. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que :

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte do que o normal;
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal.

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

1a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa ou no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que faça você suar **BASTANTE** ou aumentam **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

Dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

1b. Nos dias em que você faz essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades por dia?

Horas ____ Minutos ____

ANEXO A

2a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividade **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que faça você suas leve ou aumentam **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA)

Dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você faz essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades por dia?

Horas ____ Minutos ____

3ª. Em quantos dias de uma semana normal você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por prazer ou como forma de exercício?

Dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

3b. Nos dias em que você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gasta caminhando por dia?

Horas ____ Minutos ____

4a. Estas últimas perguntas são em relação ao tempo que você gasta sentado ao todo no trabalho, em casa, na escola ou faculdade e durante o tempo livre. Isto inclui o tempo que você gasta sentado no escritório ou estudando, fazendo lição de casa, visitando amigos, lendo e sentado ou deitado assistindo televisão.

Quanto tempo por dia você fica sentado em um dia da semana?

Horas ____ Minutos ____

4b. Quanto tempo por dia você fica sentado no final de semana?

Horas ____ Minutos ____

ANEXO B

DISABILITATES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND QUESTIONNAIRE (DASH)**Instruções:**

Esse questionário é sobre seus sintomas, assim como suas habilidades para fazer atividades. Por favor, responda a todas as questões baseando-se na sua condição na semana passada. Se você não teve a oportunidade de fazer uma das atividades na semana passada, por favor, tente estimar qual resposta seria a mais correta. Não importa qual mão ou braço você usa para fazer a atividade, por favor, responda baseando-se na sua habilidade independentemente da forma como você faz a tarefa.

Meça a sua habilidade em fazer as seguintes atividades na semana passada circulando a resposta apropriada abaixo:

	Não houve dificuldade	Houve pouca dificuldade	Houve dificuldade média	Houve muita dificuldade	Não conseguiu fazer
1. Abrir um vidro novo ou com a tampa muito apertada	1	2	3	4	5
2. Escrever	1	2	3	4	5
3. Virar uma chave	1	2	3	4	5
4. Preparar uma refeição	1	2	3	4	5
5. Abrir uma porta pesada	1	2	3	4	5
6. Colocar algo em uma prateleira acima de sua cabeça	1	2	3	4	5
7. Fazer tarefas domésticas pesadas (por exemplo: lavar paredes, lavar o chão)	1	2	3	4	5
8. Fazer trabalho de jardinagem	1	2	3	4	5
9. Arrumar a cama	1	2	3	4	5
10. Carregar uma sacola ou uma maleta	1	2	3	4	5
11. Carregar um objeto pesado (mais de 5 kg)	1	2	3	4	5
12. Trocar uma lâmpada acima da cabeça	1	2	3	4	5
13. Lavar ou secar o cabelo	1	2	3	4	5
14. Lavar suas costas	1	2	3	4	5
15. Vestir uma blusa fechada	1	2	3	4	5
16. Usar uma faca para cortar alimentos	1	2	3	4	5
17. Atividades recreativas que exigem pouco esforço (por exemplo: jogar cartas, tricotar)	1	2	3	4	5
18. Atividades recreativas que exigem força ou impacto nos braços, ombros ou mãos (por exemplo: jogar vôlei, martelar)	1	2	3	4	5
19. Atividades recreativas nas quais você move seu braço livremente (como pescar, jogar peteca)	1	2	3	4	5
20. Transportar-se de um lugar a outro (ir de um lugar a outro)	1	2	3	4	5
21. Atividades sexuais	1	2	3	4	5
	Não afetou	Afetou pouco	Afetou medianamente	Afetou muito	Afetou extremamente
22. Na semana passada, em que ponto o seu problema com braço, ombro ou mão afetou suas atividades normais com família, amigos, vizinhos ou colegas?	1	2	3	4	5
	Não limitou	Limitou pouco	Limitou medianamente	Limitou muito	Não conseguiu fazer
23. Durante a semana passada, o seu trabalho ou atividades diárias normais foram limitadas devido ao seu problema com braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5
Meça a gravidade dos seguintes sintomas na semana passada:	Nenhuma	Pouca	Mediana	Muita	Extrema
24. Dor no braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5
25. Dor no braço, ombro ou mão quando você fazia atividades específicas	1	2	3	4	5
26. Desconforto na pele (alfinetadas) no braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5

27. Fraqueza no braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5
28. Dificuldade em mover braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5
	Não houve dificuldade	Pouca dificuldade	Média dificuldade	Muita dificuldade	Tão difícil que você não pôde dormir
29. Durante a semana passada, qual a dificuldade que você teve para dormir por causa da dor no seu braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
30. Eu me sinto menos capaz, menos confiante e menos útil por causa do meu problema com braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5

As questões que se seguem são a respeito do impacto causado no braço, ombro ou mão quando você toca um instrumento musical, pratica esporte ou ambos.

Se você toca mais de um instrumento, pratica mais de um esporte ou ambos, por favor, responda com relação ao que é mais importante para você.

Por favor, indique o esporte ou instrumento que é mais importante para você: _____

Eu não toco instrumentos ou pratico esportes (você pode pular essa parte)

Por favor circule o número que melhor descreve sua habilidade física na semana passada. Você teve alguma dificuldade para:	Fácil	Pouco difícil	Dificuldade média	Muito difícil	Não conseguiu fazer
1. Uso de sua técnica habitual para tocar instrumento ou praticar esporte?	1	2	3	4	5
2. Tocar o instrumento ou praticar o esporte por causa de dor no braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5
3. Tocar seu instrumento ou praticar o esporte tão bem quanto você gostaria?	1	2	3	4	5
4. Usar a mesma quantidade de tempo tocando seu instrumento ou praticando o esporte?	1	2	3	4	5

As questões seguintes são sobre o impacto do seu problema no braço, ombro ou mão em sua habilidade em trabalhar (incluindo tarefas domésticas se este é seu principal trabalho).

Por favor, indique qual é o seu trabalho: _____

Eu não trabalho (você pode pular essa parte)

Por favor, circule o número que melhor descreve sua habilidade física na semana passada. Você teve alguma dificuldade para:	Fácil	Pouco difícil	Dificuldade média	Muito difícil	Não conseguiu fazer
1. Uso de sua técnica habitual para seu trabalho?	1	2	3	4	5
2. Fazer seu trabalho usual por causa de dor em seu braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5
3. Fazer seu trabalho tão bem quanto você gostaria?	1	2	3	4	5
4. Usar a mesma quantidade de tempo fazendo seu trabalho?	1	2	3	4	5

Cálculo do escore do DASH

Para se calcular o escore das 30 primeiras questões, deverá ser utilizada a seguinte fórmula:

(Soma dos valores das 30 primeiras questões - 30)/1,2

Para o cálculo dos escores dos módulos opcionais, estes deverão ser calculados separadamente, utilizando a seguinte fórmula:

(Soma dos valores - 4)/0,16

