

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA

GABRIEL MORETTI DE OLIVEIRA

**EFEITOS DO INFRAVERMELHO LONGO IRRADIADO POR TECIDO SOBRE A TAXA
DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA DOS MÚSCULOS EXTENSORES DO JOELHO**

CAMPINAS

2022

GABRIEL MORETTI DE OLIVEIRA

EFEITOS DO INFRAVERMELHO LONGO IRRADIADO POR TECIDO SOBRE A TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA DOS MÚSCULOS EXTENSORES DO JOELHO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Me. Manoel Pereira da Silva

Coorientador: Dr. Antônio Carlos de Moraes

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO(A) ALUNO(A): GABRIEL MORETTI DE OLIVEIRA E ORIENTADO PELOS PROFS.(AS): Me. MANOEL PEREIRA DA SILVE E DR. ANTÔNIO CARLOS DE MORAES

Assinatuda do orientador

Assinartura Co-orientador

CAMPINAS

2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Educação Física
Andréia da Silva Manzato - CRB 8/7292

M817e Moretti, Gabriel de Oliveira, 1999-
Efeitos do infravermelho longo irradiado por tecido sobre a taxa de desenvolvimento de força dos músculos extensores do joelho / Gabriel Moretti de Oliveira. – Campinas, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Manoel Pereira da Silva.
Coorientador: Antônio Carlos de Morais.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física.

1. Infravermelho. 2. Força muscular. 3. Treinamento de força. 4. Treinamento resistido. I. Silva, Manoel Pereira da. II. Morais, Antônio Carlos de. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação Física. IV. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Effects of tissue irradiated long infrared on the rate of development force of the knee extensor muscles

Palavras-chave em inglês:

Infrared

Muscle strength

Strength training

Resistance training

Titulação: Bacharel

Banca examinadora:

Arthur Fernandes Gáspari

Data de entrega do trabalho definitivo: 23-11-2022

COMISSÃO JULGADORA

Me. Manoel Pereira da Silva

Orientador

Dr. Antônio Carlos de Moraes

Co-orientador

Dr. Arthur Fernandes Gáspari

Titular da banca

RESUMO

A utilização de materiais como lâmpadas, diodos e lasers para irradiar radiação infravermelha (IV) já é utilizada na promoção da saúde e otimização de desempenho físico. Recentemente, foi desenvolvido um tecido capaz de emitir radiação infravermelha no comprimento longo ($\lambda = 4\text{--}16\ \mu\text{m}$), que vem sendo utilizado como material para estudos. Taxa de desenvolvimento de força (TDF) é um parâmetro muscular influenciado por diversos aspectos como proporção de fibras, área de secção transversa do músculo, propriedades viscoelásticas do complexo músculo tendinoso. O objetivo deste trabalho foi analisar se o IV longo irradiado por material têxtil (IVL) afeta a taxa de desenvolvimento de força dos músculos extensores do joelho em contrações voluntárias isométricas máximas, em indivíduos treinados em força. O presente estudo utilizou-se de dados derivados de um estudo anterior. A amostra foi formada por 14 participantes do sexo masculino (24 ± 1 anos, 82.8 ± 3 kg, $176,3 \pm 1,1$ cm, $26.6 \pm 0,8$ kg/m²) com 7 ± 1 anos de experiência em treinamento de força. Foi utilizado um modelo *cross-over* aleatorizado, duplo-cego e controlado por Placebo. O desenho experimental referente ao estudo anterior foi formado por três sessões, sendo a primeira de familiarização e duas de experimentação, diferenciando-se apenas pelo traje utilizado (IVL ou Placebo). O protocolo era composto por um aquecimento geral isométrico, em seguida três contrações isométricas voluntária máximas de 5 segundos, aquecimento dinâmico para um teste de fadiga. Teste de Fadiga, composto por 30 repetições concêntricas de extensão e flexão de joelho à $180^\circ/\text{s}$ em um dinamômetro isocinético, e mais uma contração isométrica voluntária máxima após a conclusão do Teste de Fadiga (~10 segundos). Os participantes foram orientados e estimulados verbalmente a exercerem o máximo de força, o mais rápido possível, sustentando este padrão por 5 segundos nas contrações isométricas. O IVL foi utilizado por 82 ± 19 horas pré-sessão experimental, totalizando 317 ± 74 kJ de energia-irradiada. Não foram encontrados aumentos significativos nos parâmetros estudados, *Eletromechanical delay* (EMD), *Half-relaxation time* (HRT) e TDF, possivelmente por ter uma maior influência de fatores intrínsecos da musculatura, componentes não afetados diretamente pelos IV longo, bem como a influência de histórico de treinamento e fatores psicológicos dos participantes sobre a produção de força máxima e velocidade de execução.

Palavras-chave: Infravermelho; Taxa de desenvolvimento de força; Treinamento resistido

ABSTRACT

The use of materials such as lamps, diodes and lasers to infrared radiate (IR) radiation is already used for health promotion and physical performance optimization, recently a fabric capable of emitting infrared radiation at long length ($\lambda= 4\text{--}16\ \mu\text{m}$), which has been used as material for studies. Rate of development force (RDF) is a muscle parameter influenced by several aspects such as fiber proportion, cross-sectional area of the muscle, viscoelastic properties of the tendon muscle complex. The objective of this study was to analyze whether the far-IR irradiated by textile material (FIR) affects the rate of force development of the knee extensor muscles in maximal isometric voluntary contractions in strength-trained individuals. The present study used data derived from a previous study. The sample consists of 14 male volunteers (24 ± 1 years, 82.8 ± 3 kg, 176.3 ± 1.1 cm, 26.6 ± 0.8 kg/m²) with 7 ± 1 years of experience in strength training. A randomized, double-blind, placebo-controlled cross-over model was used. The experimental design referring to the previous study consisted of three sessions, the first one for familiarization and two for experimentation, differing only by the outfit used (FIR or Placebo). The protocol consisted of a general isometric warm-up, then three maximum volumetric contractions of 5 seconds, dynamic warm-up for a fatigue test. Fatigue test consisting of 30 concentric repetitions of knee extension and flexion at 180°/s on an isokinetic dynamometer, plus one maximum voluntary isometric contraction after completion of the Fatigue Test (~10 seconds). Participants were instructed and verbally encouraged to exert as much force as possible, as quickly as possible, sustaining this pattern for 5 seconds on isometric contractions. The FIR was used for 82 ± 19 hours pre-experimental session, totaling 317 ± 74 kJ of radiated energy. No significant increases were found in the parameters studied, *Electromechanical delay* (EMD), *Half-relaxation time* (HRT) and RDF, possibly due to a greater influence of intrinsic factors of the musculature, components not directly affected by far-IR, as well as the influence of training history and psychological factors of the participants on the production of maximum strength and running speed.

Keywords: Infrared; Rate of development force; Resistance training

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do desenho experimental.....	11
Figura 2A – EMD-pré teste de fadiga.....	15
Figura 2B - EMD-pós teste de fadiga.....	15
Figura 2C - HRT-pré teste de fadiga.....	15
Figura 2D - HRT-pós-teste de fadiga.....	15
Figura 2E - TDF-pré teste de fadiga.....	15
Figura 2F - TDF-pós teste de fadiga.....	15
Figura 3A – EMD geral.....	16
Figura 3B – HRT geral.....	16
Figura 3C – TDF geral.....	16

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATP	Adenosina Trifosfato
Ca ²⁺	Cálcio
CMRR	Relação de Rejeição do Modo Comum
COX	Citocromo C Oxidase
EMD	<i>Electromechanical delay</i>
EP	Erro Padrão
HRT	<i>Half-relaxation time</i>
IV	Infravermelho
IVL	Calça Emissora de Infravermelho Longo
LASER	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>
LED	Diodos Emissores de Luz
LLLT	<i>Low Level Laser Therapy</i>
MVC	Contração Voluntária Isométrica Máxima
RF	Reto Femoral
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDF	Taxa de Desenvolvimento de Força
TDF30	Taxa de Desenvolvimento de Força no momento 30 milissigundos
TDF50	Taxa de Desenvolvimento de Força no momento 50 milissigundos
TDF100	Taxa de Desenvolvimento de Força no momento 100 milissigundos
TDF200	Taxa de Desenvolvimento de Força no momento 200 milissigundos
TF	Treinamento de Força
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
VL	Vasto lateral

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
OBJETIVOS.....	9
MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
PARTICIPANTES.....	10
DESENHO EXPERIMENTAL.....	11
CALÇA EMISSORA DE IV LONGO (IVL).....	11
PROTOCOLO DE TESTE NO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO.....	13
AQUISIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS ELETROMIOGRÁFICOS DE SUPERFÍCIE (EMG).....	13
ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	14
RESULTADOS.....	14
DISCUÇÃO.....	17
CONCLUSÃO.....	18
REFÊRENCIAS.....	19

INTRODUÇÃO

Uma variável que tem sido amplamente utilizada para se quantificar a capacidade de produção rápida de força é a taxa de desenvolvimento de força (TDF). Andersen e Aagaard (2006), propõem que a TDF é um parâmetro mecânico muscular influenciado por diversos aspectos, tais como proporção de fibras, área de secção transversa do músculo, propriedades viscoelásticas do complexo músculo tendinoso e o impulso neural. A TDF, é calculada através da razão entre variação na produção de força pela variação do tempo ($\Delta\text{força}/\Delta\text{tempo}$), registradas durante contrações voluntárias máximas (AAGAARD et al. 2002).

A TDF parece ser um fator importante em diferentes contextos, como no âmbito esportivo em modalidades que possuem gestos esportivos finalizados em 50 - 150 ms após o início, e.g., golpe de karatê, corte no vôlei, ou seja, realizado em um intervalo onde a força máxima não é alcançada, pois seria necessário um tempo de ≥ 300 ms de contração para a mesma fosse atingida (THORSTENSSON et al., 1976), indicando que nessas situações a produção rápida de força seria mais relevante do que a força máxima.

Outro ponto importante é a relação da TDF com as capacidades funcionais do indivíduo, como a manutenção do equilíbrio. De acordo com Comodore (1995) o risco de quedas em idosos é significamente maior, pois nessa fase da vida podem haver comprometimentos importantes associados à capacidade de produção de força muscular (GRIMBY, 1995). Portanto, tem sido sugerido que a produção de força para manutenção do equilíbrio deve ser realizada de forma rápida (MISZKO et al., 2003).

Outros parâmetros musculares importantes estudados são o *electromechanical delay* (EMD), traduzido como “atraso eletromecânico”, que é o intervalo de tempo entre o início da ativação muscular e a produção de força, refletindo tanto processos eletroquímicos quanto processos mecânicos (LACOURPAILLE et al., 2013), e *Half-relaxation time* (HRT), traduzido como “tempo de meio relaxamento”, que se define como o período de declínio do pico de força máxima até a metade do mesmo valor (KERNELL et al., 1983).

Sabendo que a TDF é um fator importante para o desempenho esportivo, é crescente o interesse por desenvolver ou descobrir recursos que possam melhorá-la. Diante disso, uma tecnologia que vem mostrando efeitos positivos sobre o músculo esquelético e poderia trazer melhorias de desempenho físico através de uma TDF melhorada seria o condicionamento

muscular por meio da irradiação com infravermelho (IV), i.e., fotobiomodulação, visto seus efeitos sobre a produção de força (SILVA, 2018; VANIN *et al.*, 2018)

Em 1965 Endre Mester demonstrou a capacidade do LASER abreviação para *light amplification by stimulated emission of radiation* (tradução livre – amplificação de luz por emissão estimulada de radiação), dentro do espectro visível e do infravermelho de modular processos biológicos, através de alterações biológicas tanto positivas quanto negativas nos organismos vivos. Já em 1968 Endre Mester também demonstrou que a LLLT - *Low Level Laser Therapy* (tradução livre – Terapia a laser de baixa intensidade) apresenta resposta, dependendo da dose de radiação utilizada. Tais descobertas influenciaram a utilização do termo “Fotobiomodulação” (photobiomodulation therapy - PBMT) nos dias atuais (SILVA, 2018).

A utilização de IV vem sendo utilizada por meio de lasers, lâmpadas e diodos emissores de luz (LEDs) para controle da dor e reabilitação musculoesquelética (LEUNG *et al.*, 2011; LEUNG, 2015) e a pouco tempo começou a ser utilizado para melhoria do desempenho esportivo (BARONI *et al.*, 2010ab). Contudo, a necessidade de um profissional para operar o equipamento e sua baixa mobilidade, devido a dependência do fornecimento constante de energia elétrica, gera altos custos operacionais atrelados a fotobiomodulação tradicional.

Recentemente, foi desenvolvido um material têxtil com materiais inorgânicos incorporados a sua fibra que quando excitados irradiam energia em um comprimento de onda igual ao do IV longo ($\lambda = 4\text{--}16 \mu\text{m}$). Embora, essa forma de aplicação de irradiação de IV e comprimento de onda (i.e., IV longo) ser pouco estudada, existem estudos incipientes utilizando tal modalidade terapêutica na promoção da saúde (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012) e otimização de desempenho físico (BONTEMPS *et al.*, 2021).

Estudos com a utilização de radiação IV longo já demonstraram a efetividade desse método em fatores relacionados a atividades física, como, uma melhora no fluxo sanguíneo por meio do relaxamento das células endoteliais por um aumento de óxido nítrico intracelular (LEUNG *et al.*, 2011), maior eficiência na ressíntese de adenosina trifosfato (ATP) e transporte de elétrons, por decorrência de alterações no metabolismo mitocondrial (FERRARESI *et al.*, 2015ab; WONG-RILEY *et al.*, 2005), melhora na excitabilidade das células (FERRARESI *et al.*, 2012), e uma melhora no ciclo de cálcio (DITTAMI *et al.*, 2011). Aspectos importante que poderiam influenciar e/ou melhorar aspectos neuromusculares como a TDF.

OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo analisar se o IV longo irradiado por material têxtil afeta a Taxa de desenvolvimento de força (TDF), *Eletromechanical delay* (EMD) e *Half-relaxation time* (HRT) dos músculos extensores do joelho em contrações voluntárias isométricas máximas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho utilizou dados derivados do estudo de Silva (2018), que fez parte de um projeto maior e que foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (CNPq - Processo: 159786/2014-2), vide Anexo A. O estudo foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsinki de 1964 e suas emendas posteriores ou padrões éticos comparáveis. Todos os participantes foram informados dos riscos e benefícios inerentes ao estudo antes de assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

PARTICIPANTES

A amostra foi composta por 14 participantes do sexo masculino, treinados em força (TF – treinamento resistido), sem restrição de cor/raça, etnia, orientação sexual, identidade de gênero, classe e grupo social, e recrutados por conveniência. Como critérios de inclusão foram adotados: 1) ter entre 18 e 34 anos; 2) praticar treinamento de força (TF) por três ou mais vezes por semana durante um ano continuamente, no mínimo; 3) apresentar liberação médica; 4) declarar disponibilidade para participar dos procedimentos experimentais.

Os critérios de exclusão foram: 1) ter sofrido lesões musculoesqueléticas e/ou articulares no membro inferior dominante até 6 meses antes do estudo; 2) não utilizar a calça; 3) apresentar algum desconforto muscular e/ou articular durante os testes; 4) ter treinado membros inferiores até 48.

Na tabela 1 é possível observar a caracterização da amostra.

Tabela 1. Caracterização da amostra ($n = 14$)

Participantes	Valor
Idade (anos)	24 ± 1

Massa corporal (kg)	82,8 ± 3
Altura (cm)	176,3 ± 1,1
IMC (kg/m ²)	26,6 ± 0,8
TF (anos)	7 ± 1

IMC, índice de massa corporal; TF, experiência com TF. Dados apresentados em média ± erro padrão

DESENHO EXPERIMENTAL

Silva (2018) usando um modelo agudo, *crossover*, aleatorizado, balanceado, duplo-cego e controlado por Placebo, verificou se IV longo irradiado por uma calça (IVL) era capaz de aumentar o desempenho dos músculos extensores do joelho de participantes treinados em força. Para isto, os participantes foram submetidos, inicialmente, a uma sessão de familiarização, e mais duas sessões experimentais: IVL e Placebo, separadas um *washout* de uma semana. As sessões experimentais diferiram unicamente pelo traje utilizado, que foram sorteados aleatoriamente a partir de envelopes opacos fechados. A sessão de familiarização foi idêntica às sessões experimentais com exceção da coleta dos dados eletromiográficos e foto térmica, e foi utilizada para ajustes dos equipamentos (recomendações do fabricante) e familiarização dos participantes. As sessões experimentais foram realizadas após 96 horas (i.e., 4 dias) de uso contínuo de algum traje experimental. Os participantes foram orientados a utilizarem os trajes (IVL ou Placebo) pelo maior tempo possível pré-sessão experimental, devendo remover, se possível, apenas para prática de atividade física e higiene pessoal. Adicionalmente, os participantes foram orientados a manterem seu padrão de atividade física e alimentar durante o período do estudo, e não deveriam treinar membros inferiores 48 horas antes das sessões de teste.



Figura 1. Fluxograma do desenho experimental. Traje 1 e 2 referentes a IVL e placebo escolhidos aleatoriamente.

O protocolo proposto por Silva (2018) foi composto de testes isométricos e dinâmicos de alta intensidade e curta duração. Os dados utilizados aqui são derivados do teste isométrico, especificamente, *Eletromechanical delay* (EMD), *Half-relaxation time* (HRT) e Taxa de desenvolvimento de força (TDF). Os procedimentos do teste e a aquisição dos dados serão explicados detalhadamente nos itens abaixo.

CALÇA EMISSORA DE IV LONGO (IVL)

A IVL é uma calça de poliamida com tecnologia EMANA[®] (Rhodia Poliamida Especialidades LTDA) de gramatura 225 g/m², com 88% de fio emissor e 12% de elastano, capaz de irradiar IV longo (>3 μm). Para detalhes de densidade de energia, energia irradiada, composição mineral do tecido e controle de utilização dos trajes, consultar Silva (2018).

PROTOCOLO DE TESTE NO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO

Resumidamente, Silva (2018) realizou dois testes de Contração Voluntária Isométrica Máxima (MVC) em dinamômetro isocinético (Biodex System System 4[®], Biodex Medical Systems, New York, USA): pre-MVC (pré-Teste de fadiga) e post-MVC (pós-Teste de fadiga). No pre-MVC, os participantes realizaram 3 contrações isométricas máximas balísticas com o membro inferior dominante à 60° de flexão da articulação do joelho (0° =

extensão total da articulação do joelho), de 5 segundos com um intervalo de 2 minutos entre cada tentativa. A contração dentre as 3 com maior Pico de Torque (Nm) foi a contração analisada subsequentemente. No post-MVC, os participantes realizaram apenas uma contração, seguindo as mesmas padronizações do pre-MVC após a conclusão do Teste de Fadiga (~10 segundos). Os participantes foram orientados e estimulados verbalmente a exercerem o máximo de força, o mais rápido possível, sustentando este padrão por 5 segundos consecutivos em cada contração, os dados de força/torque foram extraídos a partir da sincronização com a eletromiografia de superfície com captação de 2000hz. Para mais detalhes do protocolo, consultar Silva (2018).

AQUISIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS ELETROMIOGRÁFICOS DE SUPERFÍCIE (EMG)

Os dados de EMG foram adquiridos através de um eletromiógrafo Biopac MP150 de 16 canais (Biopac System, Inc., Santa Barbara, CA, USA) e eletrodos ativos TSD-150 (Biopac System, Inc., Santa Barbara, CA, USA), com relação de rejeição do modo comum (CMRR) de >95 dB. O software AcqKnowledge 3.8.1 (Biopac System, Inc., Santa Barbara, CA, USA.) foi utilizado para a captação dos sinais. A frequência de aquisição dos sinais EMG foi de 2000 Hz e filtro passa-banda de 20-500 Hz. Foram coletados sinais EMG dos músculos Reto Femoral (RF) e Vasto Lateral (VL) (SILVA, 2018), segundo as recomendações do “SENIAM – Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles” (HERMENS *et al.*, 2000), mantendo a distância fixa entre os eletrodos de dois centímetros (centro a centro).

Os arquivos gerados, referente à MVC, foram analisados por rotinas customizada no software MATLAB (Math Works Inc., versão 8.5.0 - R 2015 a) para as seguintes variáveis: EMD (milissegundos), HRT (milissegundos) e TDF (Nm/s), para os intervalos de 30ms (TDF30), 50ms (TDF50), 100ms (TDF100) e 200ms (TDF200). Os dados de contrações com EMD negativo (i.e., contrações com contramovimento) foram descartados nas análises subsequentes (MAFFIULETTI *et al.*, 2016).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi verificada através do teste de *Shapiro-Wilk*. A homogeneidade das variâncias foi verificada através do teste de Levene. Atendido os pressupostos de normalidade e homogeneidade foi utilizada análise de variância (ANOVA) *one-way* de medidas repetidas com correção de Geisser-Greenhouse, seguida de *post hoc* de *Tukey*, quando necessário, para a análise da TDF (efeito tempo). Para as demais variáveis foi utilizado o teste T para amostras independentes com dados paramétricos (TDF30 IVL x Placebo; TDF50 IVL x Placebo; TDF100 IVL x Placebo; TDF200 IVL x Placebo; TDF100-geral Pré x Pós; TDF200-geral Pré x Pós; TDF100-pós IVL x Placebo; TDF200-pós IVL x Placebo), ou o teste de Mann-Whitney para dados não paramétricos, (EMD-pré IVL x Placebo; EMD-pós IVL x Placebo; EMD-geral Pré x Pós; HRT-pré IVL x Placebo; HRT-pós IVL x Placebo; HRT-geral Pré x Pós; TDF30-geral Pré x Pós; TDF50-geral Pré x Pós; TDF30-pós IVL x Placebo; TDF50-pós IVL x Placebo). Os valores de TDF-geral, EMD-geral e HRT-geral, foram calculados combinando todos dados dos momentos (i.e., pré- e pós-Teste de fadiga) independentemente das condições. Todas análises foram realizadas através do *software* GraphPad Prism 8.4.3 (GraphPad Software, Inc.). Os dados são apresentados em média e erro padrão (EP), e o valor de significância adotado para todas as comparações foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Quando segmentamos as variáveis analisadas em momento pré- e pós-Teste de fadiga, não identificamos nenhuma diferença significativa entre condições para qualquer variável: EMD-pré ($p=0,14$), EMD-pós ($p=0,61$), HRT-pré ($p=0,55$), HRT-pós ($p=0,92$), TDF-pré 30 milissegundos ($p=0,83$), TDF-pré 50 milissegundos ($p=0,82$), TDF-pré 100 milissegundos ($p=0,94$), TDF-pré 200 milissegundos ($p=0,63$), TDF-pós 30 milissegundos ($p=0,3$), TDF-pós 50 milissegundos ($p=0,21$), TDF-pós 100 milissegundos ($p=0,11$), TDF-pós

200 milissegundos ($p=0,4$), vide figura 2A à 2F. Contudo, foi encontrado efeito tempo para TDF dentro das condições em ambos momentos (i.e., TDF-pré e TDF-pós); TDF-pré: IVL ($F=4,1$; $p=0,485$), TDF-pós: IVL ($F=15,3$; $p=0,003$) e Placebo ($F=6,1$; $p=0,02$), vide figura 1E e 1F.

Independentemente das condições, isto é, quando combinamos os dados das condições de acordo com os momentos, pré- e pós-Teste de fadiga, para observar o comportamento geral das variáveis analisadas, não identificamos diferença significativa para EMD (Pré vs. Pós; $p=0,25$), HRT (Pré vs. Pós; $p=0,23$), TDF 30 milissegundos (Pré vs. Pós; $p=0,16$), TDF 50 milissegundos (Pré vs. Pós; $p=0,17$), TDF 100 milissegundos (Pré vs. Pós; $p=0,29$), TDF 200 milissegundos (Pré vs. Pós; $p=0,89$), vide figura 3A à 3C. Entretanto, novamente, identificamos efeito tempo para TDF. TDF-pré ($F=5,8$; $p=0,01$) e TDF-pós ($F=13,5$; $p=0,001$), vide figura 3C.

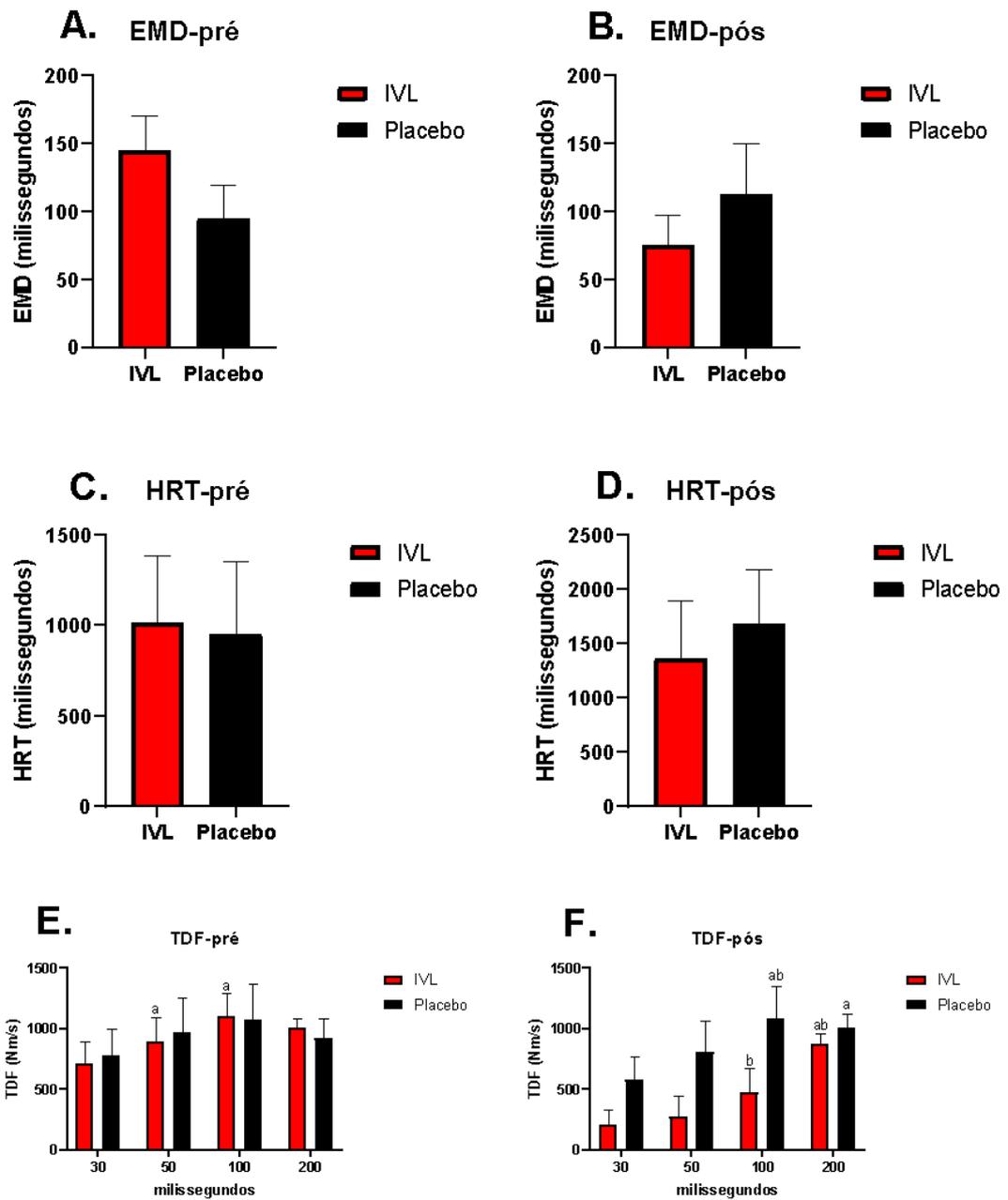


Figura 2. **A.** EMD-pré teste de fadiga. **B.** EMD-pós teste de fadiga. **C.** HRT-pré teste de fadiga. **D.** HRT-pós-teste de fadiga. **E.** TDF-pré teste de fadiga. **F.** TDF-pós teste de fadiga. a, indica diferença significativa entre 30 milissegundos (ANOVA *one-way*) dentro da mesma condição; b, indica diferença significativa entre 50 milissegundos (ANOVA *one-way*) dentro da mesma condição.

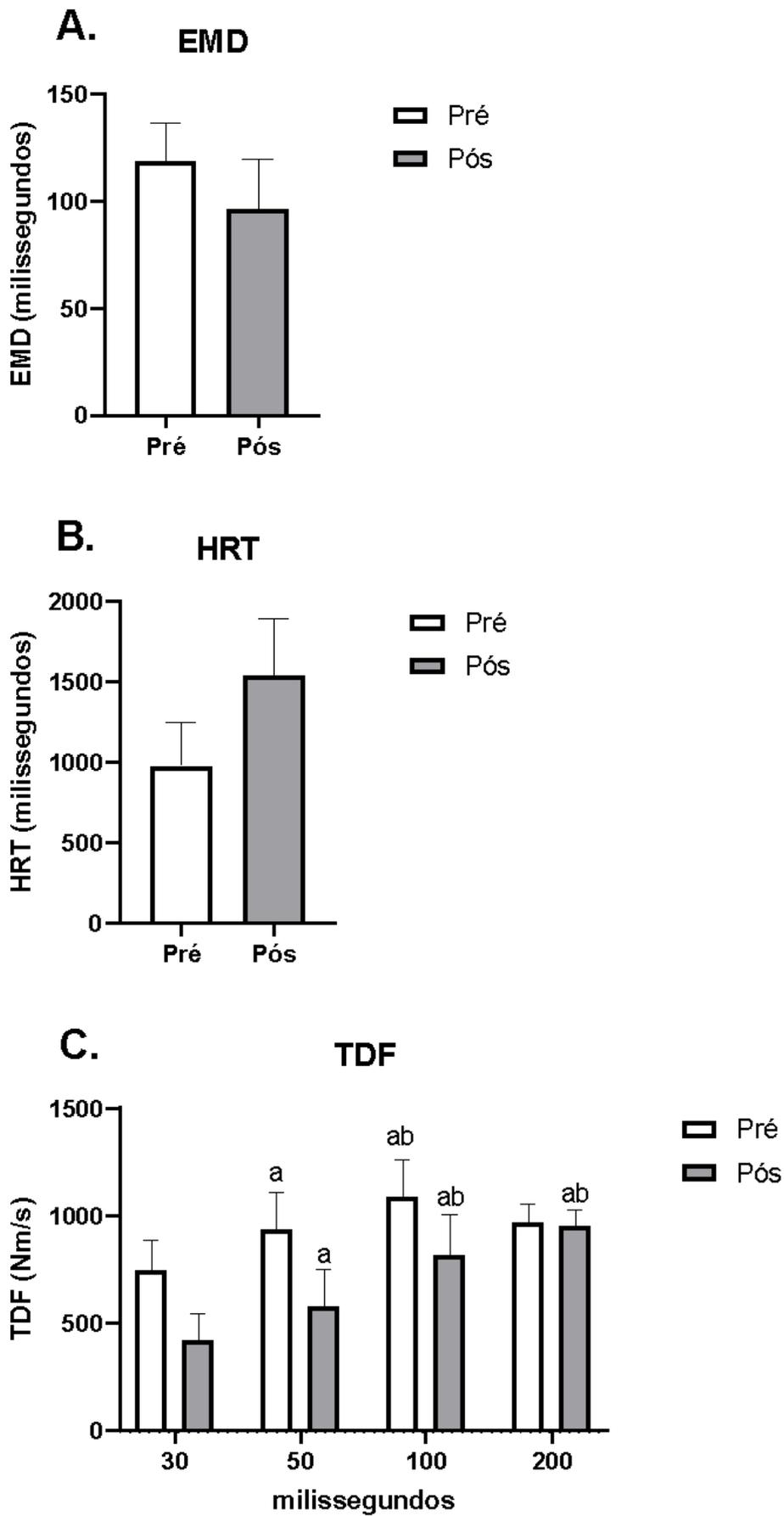


Figura 3. A. EMD geral. **B.** HRT geral. **C.** TDF geral. a, indica diferença significativa entre 30 milissegundos (ANOVA *one-way*) dentro do mesmo momento; b, indica diferença significativa entre 50 milissegundos (ANOVA *one-way*) dentro do mesmo momento. Dados gerais calculados utilizando a média dos valores de todos os participantes nos momentos pré e pós

DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar se o IV longo irradiado por material têxtil afetaria a TDF, o EMD e a HRT dos músculos extensores do joelho em contrações voluntárias isométricas máximas. Não foi observado nenhum efeito, positivo ou negativo, da IVL comparado ao Placebo sobre a TDF, EMD e HRT, contrariando nossa hipótese inicial, i.e., a PBMT, via IVL, poderia influenciar e/ou melhorar a TDF, visto efeitos positivos desta terapia sobre a força muscular (FERRARESI et al., 2011).

De acordo com MAUGHAN et al, (2000), a ação muscular se inicia com um impulso do nervo motor que inerva uma fibra muscular, gerando e propagando uma ação potencial ao longo do sarcolema, provocando assim a liberação de neurotransmissores de acetilcolina que atravessa a sinapse entre o nervo terminal e a fibra muscular (junção neuromuscular) se ligando aos receptores de acetilcolina no sarcolema, o que provoca a abertura de canais de sódio e, conseqüentemente, influxo de sódio na fibra muscular. O potencial de ação é conduzido ao longo da fibra muscular em todas as direções e para baixo dos túbulos T, promovendo um aumento da concentração de íons de cálcio (Ca^{2+}) livre dentro da célula por decorrência da abertura das cisternas terminais do retículo sarcoplasmático, entes íons de cálcio se unem à troponina, ocasionando a mudança de forma da troponina e removendo a ação bloqueadora da tropomiosina, expondo seus sítios de ligação e assim formando a ponte de miosina que traciona a actina através do centro do sarcômero, gerando força muscular.

Dentre os mecanismos modulados pela PBMT e que poderia afetar a produção de força muscular está a biomodulação da concentração de Ca^{2+} intracelular (DITTAMI et al., 2011). O influxo de Ca^{2+} é otimizado através de uma ação direta sobre os canais de Ca^{2+} ou via modulação de ATP e ROS (AMAROLI; FERRANDO; BENEDICENTI, 2019 *apud* SILVA, 2022), bem como através de alterações na estrutura da mitocôndria (HAMBLIN *et al.*, 2018ab; LEUNG *et al.*, 2011; NIWA *et al.*, 1993). O Ca^{2+} um fator importante na ação muscular, por ser o responsável por expor os sítios de ligação da actina. Outro ponto seria a potencialização da atividade da enzima mitocondrial C Oxidase (COX) estimulando o turnover intracelular de ATP, aumento do potencial de membrana mitocondrial e biodisponibilidade de Ca^{2+} (ALBUQUERQUEPONTES et al., 2015; FERRARESI, 2011, 2015ab; KARU, 1989, 2008).

Contudo, nossos achados indicam que a IVL não apresentou efeitos significativos sobre os alguns parâmetros de ativação muscular aqui analisados, i.e., TDF, EMD e HRT, talvez por uma limitação do método utilizado, EMG (DIMITROVA; DIMITROV, 2003). É interessante destacar que Silva (2018) encontrou melhoras no pico de torque nas contrações isométricas máximas sob efeito da IVL, mas sem alterações no *Root Mean Square* (RMS).

Especificamente, a TDF é afetada diretamente pelas propriedades mecânicas e geométricas dos tendões (FOURÉ *et al.*, 2010), bem como propriedades intrínsecas dos músculos (ANDERSEN, AAGAARD, 2006; MAFFIULETTI *et al.*, 2016). Fouré *et al.* (2010) ao investigar os efeitos de 14 semanas de treino pliométrico na rigidez e dissipação no tendão de Aquiles, observou melhoras significativas de desempenho físico (*squat jump*, salto contra movimento, salto reativo e torque isométrico máximo em flexão plantar e dorsi flexão), mas não na TDF máxima. Considerando que a PBMT não apresenta efeitos diretos sobre propriedades mecânicas e geométricas dos tendões ou propriedades intrínsecas dos músculos, é razoável a ausência de efeitos do IV longo sobre a TDF.

Além disto, sabemos que o histórico de treino do indivíduo atrelado ao estilo de treino, por exemplo, aqueles que enfatizam a velocidade de execução, são capazes de influenciar recrutamento de unidades motoras, produção de força e potência (SWINTON *et al.*, 2009), que junto a estímulos verbais e feedbacks visuais afetam diretamente o desempenho físico (RISSO, 2022). Apesar dos participantes da pesquisa serem treinados em força e terem realizado uma sessão de familiarização e terem tido acesso a feedback visual, é possível que tais fatores, e.g., estilo de treino e fatores psicológicos possam ter influenciado o desempenho máximo de força e velocidade de execução (TOD; EDWARDS; MCGUIGAN; LOVELL, 2015), e conseqüentemente a TDF, uma vez que ela é derivada da razão entre variação na produção de força pela variação do tempo ($\Delta\text{força}/\Delta\text{tempo}$).

CONCLUSÃO

O IV longo irradiado por material têxtil (IVL) não apresentou nenhum efeito significativo, positivo ou negativo, comparado ao Placebo sobre a TDF, EMD e HRT dos músculos extensores do joelho. Entretanto, é possível que a ausência de efeitos esteja relacionada às limitações do método utilizado, propriedades mecânicas e geométricas dos tendões ou propriedades intrínsecas dos músculos, bem como a influência de histórico de treinamento e fatores psicológicos dos participantes sobre a produção de força máxima e

velocidade de execução. Estudos adicionais que investiguem os efeitos da IVL sobre o comportamento de parâmetros de ativação muscular são necessários.

REFERÊNCIAS

AAGAARD, Per; ANDERSEN, JESPER L. Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 30, n. 8, p. 1217-1222, 1998.

AAGAARD, Per et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of applied physiology**, v. 93, n. 4, p. 1318-1326, 2002.

AAGAARD, Per. Training-induced changes in neural function. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 31, n. 2, p. 61-67, 2003.

ALBUQUERQUE-PONTES, G.M. et al. Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats. *Lasers in Medical Science*, v. 30, n. 1, p. 59–66, 2015.

ANDERSEN, L.L.; AAGAARD, P. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *Eur J Appl Physiol*, Berlin, 96(1): 46-52. 2006.

COMMODORE, D. I. Falls in the elderly population: a look at incidence, risks, healthcare costs, and preventive strategies. *Rehabil Nurs*, Philadelphia, 20(2):84-89, 1995.

BARONI, B.M. et al. Effect of Light-Emitting Diodes Therapy (LEDT) on Knee Extensor Muscle Fatigue. *Photomedicine and Laser Surgery*, v. 28, n. 5, p. 653-658, 2010a.

BARONI, B.M. *Efeito da Fototerapia Prévia ao Exercício Isocinético sobre a Fadiga e o Dano Muscular*. 2010. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2010b.

BONTEMPS, Bastien et al. Utilisation of far infrared-emitting garments for optimising performance and recovery in sport: Real potential or new fad? A systematic review. **PloS one**, v. 16, n. 5, p. e0251282, 2021.

DIMITROVA, N. A.; DIMITROV, G. V. Interpretation of EMG changes with fatigue: facts, pitfalls, and fallacies. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 13, n. 1, p. 13-36, 2003.

DITTAMI, Gregory M. et al. Intracellular calcium transients evoked by pulsed infrared radiation in neonatal cardiomyocytes. **The Journal of physiology**, v. 589, n. 6, p. 1295-1306, 2011.

FERRARESI, C. et al. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci.*, v. 26, p. 349-358, 2011.

FERRARESI, Cleber; HAMBLIN, Michael R.; PARIZOTTO, Nivaldo A. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. **Photonics & lasers in medicine**, v. 1, n. 4, p. 267-286, 2012.

FERRARESI, C. et al. Low-level Laser (Light) Therapy Increases Mitochondrial Membrane Potential and ATP Synthesis in C2C12 Myotubes with a Peak Response at 3–6 h. *Photochemistry and Photobiology*, v. 41, P. 411-416, 2015a.

FERRARESI, C. et al. Light-emitting diode therapy in exercise-trained mice increases muscle performance, cytochrome c oxidase activity, ATP and cell proliferation. *Journal of Biophotonics*, v. 8, n. 9, p. 740–754, 2015b.

FOURÉ, Alexandre; NORDEZ, Antoine; CORNU, Christophe. Plyometric training effects on Achilles tendon stiffness and dissipative properties. **Journal of applied physiology**, v. 109, n. 3, p. 849-854, 2010.

GRIMBY, G. Muscle performance and structure in the elderly as studied crosssectionally and longitudinally. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, Washington, 50A:17–22, 1995.

GUIZELINI, Pedro de Camargo. Efeito do treinamento resistido na taxa de desenvolvimento de força: revisão sistemática e meta-análise. 2018.

HAMBLIN, M.R. et al. *Low-Level Light Therapy: Photobiomodulation*. Bellingham, Washington, USA: SPIE Press, 2018a

HAMBLIN, M.R. Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. *Photochemistry and Photobiology*, v. 94, n. 2, p. 199-212, 2018b

HARRIDGE, S. D. R. et al. Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans. **Pflügers Archiv**, v. 432, n. 5, p. 913-920, 1996.

HÄKKINEN, K.; ALEN, M.; KOMI, P. V. Changes in isometric force-and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle

during strength training and detraining. **Acta physiologica scandinavica**, v. 125, n. 4, p. 573-585, 1985.

HUANG, Y-Y. et al. Biphasic dose response in low level light therapy. *Dose-Response*, v. 7, p. 358-383, 2009.

KARU, T.I. Laser biostimulation: A photobiological phenomenon. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 3, n. 4, p. 638, 1989.

KARU, T.I. Mitochondrial Signaling in Mammalian Cells Activated by Red and Near-IR Radiation. *Photochemistry and Photobiology*, v. 84, n. 5, p. 1091–1099, 2008.

KERNELL, D.; EERBEEK, O.; VERHEY, B. A. Relation between isometric force and stimulus rate in cat's hindlimb motor units of different twitch contraction time. **Experimental brain research**, v. 50, n. 2, p. 220-227, 1983.

LACOURPAILLE, Lilian; HUG, François; NORDEZ, Antoine. Influence of passive muscle tension on electromechanical delay in humans. **PloS one**, v. 8, n. 1, p. e53159, 2013.

LEUNG, T-K. et al. A Pilot Study of Ceramic Powder Far-Infrared Ray Irradiation (cFIR) on Physiology: Observation of Cell Cultures and Amphibian Skeletal Muscle. *Chinese Journal of Physiology*, v. 54, n. 4, p. 247-254, 2011.

LEUNG, T-K. In Vitro and In Vivo Studies of the Biological Effects of Bioceramic (a Material of Emitting High Performance Far-Infrared Ray) Irradiation. *Chinese Journal of Physiology*, v. 58, n. 3, p. 147-155, 2015.

MAFFIULETTI, Nicola A. et al. Rate of force development: physiological and methodological considerations. **European journal of applied physiology**, v. 116, n. 6, p. 1091-1116, 2016.

MISZKO, T. A. et al. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, Washington, 58(2):171-175, 2003

RISSO, V.C. *O efeito do feedback de velocidade e encorajamento verbal no desempenho do agachamento, supino e levantamento terra em Powerlifters*. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física, Campinas, 2022.

SILVA, M.P. *Infravermelho longo irradiado por tecido aumenta o desempenho de extensores do joelho*. 1989. 53f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física, Campinas, 2018.

SILVA, M.P. *Curso temporal dos efeitos do infravermelho longo sobre o desempenho dos músculos extensores e flexores do joelho e fertilidade masculina*. 1989. 97f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física, Campinas, 2022.

SWINTON, Paul A. et al. Contemporary training practices in elite British powerlifters: survey results from an international competition. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 2, p. 380-384, 2009.

THORSTENSSON, Alf et al. Effect of strength training on EMG of human skeletal muscle. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 98, n. 2, p. 232-236, 1976.

TOD, D.; EDWARDS, C.; MCGUIGAN, M.; LOVELL, G. A systematic review of the effect of cognitive strategies on strength performance. *Sports medicine*, 45, n. 11, p. 1589-1602, 2015.

TSAI, S-R.; HAMBLIN, M.R. Biological effects and medical applications of infrared radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, v. 170, p. 197-207, 2017.

VANIN, Adriane Aver et al. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in medical science**, v. 33, n. 1, p. 181-214, 2018.

VATANSEVER, F., HAMBLIN, M.R. Far infrared radiation (FIR): Its biological effects and medical applications. *Photon Lasers Med*, v. 1, n. 4, p. 255-266, 2012.

WONG-RILEY, Margaret TT et al. Photobiomodulation directly benefits primary neurons functionally inactivated by toxins: role of cytochrome c oxidase. **Journal of Biological Chemistry**, v. 280, n. 6, p. 4761-4771, 2005.

ANEXO A

COMITÊ DE ÉTICA



FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

www.fcm.unicamp.br/fcm/pesquisa

CEP, 17/03/11
(Grupo III)

PARECER CEP: Nº 098/2011 (Este nº deve ser citado nas correspondências referente a este projeto).
CAAE: 0064.0.146.000-11

I - IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: "A AÇÃO DO TECIDO EMISSOR DE RAIOS INFRAVERMELHO LONGO NAS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DECORRENTES DA FADIGA MUSCULAR".

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Antonio Carlos de Moraes

INSTITUIÇÃO: Faculdade de Educação Física/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 11/02/2011

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 17/03/12 (O formulário encontra-se no site acima).

II – OBJETIVOS.

Avaliar se utilização de roupa fabricada com emissor de raios infravermelhos longo tem atuação no retardo do processo de fadiga muscular

III – SUMÁRIO.

O presente estudo avaliará 30 voluntários de ambos os sexos, 15 atletas de atletismo, natação e ciclismo e 15 não atletas, fisicamente ativos, de idade entre 18 e 28 anos que não relatem lesões musculoesqueléticas nos últimos 6 meses. Serão excluídos voluntários que apresentem problemas circulatórios graves, alergias de pele ou com hipersensibilidade a tecidos sintéticos. Os participantes serão submetidos a um questionário sobre frequência da atividade física, exame físico geral e cardiológico, anamnese e ergometria. Posteriormente farão testes de corrida em esteira rolante e avaliação em dinamômetro isocinético, por 8 visitas, sendo utilizando por 4 vezes vestuário confeccionado com tecido emissor de raios infravermelhos longos e 4 visitas com tecido normal, não sendo possível a identificação pelos voluntários. Será coletado sangue para avaliação da concentração de lactato, creatina quinase e será feito aferição de pressão arterial, frequência cardíaca, consumo máximo de oxigênio, ventilação e limiar ventilatório e percepção subjetiva de esforço. Serão comparados os dois tipos de roupas, com o objetivo de verificar o potencial do tecido emissor de raios no retardo do processo de fadiga muscular.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

Após respostas às pendências, o projeto encontra-se adequadamente redigido e de acordo com a Resolução CNS/MS 196/96 e suas complementares, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

V - PARECER DO CEP

Comitê de Ética em Pesquisa - UNICAMP
Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126
Caixa Postal 6111
13084-887 Campinas - SP

FONE (019) 3521-8936
FAX (019) 3521-7187
cep@fcm.unicamp.br



O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, bem como ter aprovado o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

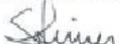
O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII- DATA DA REUNIÃO

Homologado na II Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 22 de fevereiro de 2011.


Prof. Dr. Carlos Eduardo Steiner
PRESIDENTE do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP



CEP. 16/12/14
(PARECER CEP. N° 098/2011)

Universidade Estadual de Campinas
Pró-Reitoria de Pesquisa
Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER

I – IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: "A AÇÃO DO TECIDO EMISSOR DE RAIOS INFRAVERMELHO LONGO NAS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DECORRENTES DA FADIGA MUSCULAR".

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Antonio Carlos de Moraes

II – PARECER DO CEP.

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) aprovou a avaliação cardiopulmonar e a análise sanguínea de óxido nítrico, bem como a nova versão do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, referente ao protocolo de pesquisa supracitado.

III – DATA DA REUNIÃO.

Homologado na XI Reunião Ordinária do CEP/UNICAMP, em 16 de dezembro de 2014.


Dra. Renata Maria dos Santos Caleghini
COORDENADORA DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
UNICAMP