

Richardson Correia Marinheiro
Jônatas de França Barros
Francisco Holanda Cavalcante Neto
Jitone Leônidas Soares
Luiz Felipe Ferreira Barros
Hudday Mendes da Silva
Maryana Priscilla Silva de Moraes
André Ribeiro da Silva

NEUROESTIMULAÇÃO NOS PARÂMETROS

associados ao dano muscular
induzido pelo exercício físico

Richardson Correia Marinheiro
Jônatas de França Barros
Francisco Holanda Cavalcante Neto
Jitone Leônidas Soares
Luiz Felipe Ferreira Barros
Hudday Mendes da Silva
Maryana Priscilla Silva de Moraes
André Ribeiro da Silva

NEUROESTIMULAÇÃO NOS PARÂMETROS

associados ao dano muscular
induzido pelo exercício físico

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

Richardson Correia Marinheiro

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí

Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Neuroestimulação nos parâmetros associados ao dano muscular induzido pelo exercício físico

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Autores: Richardson Correia Marinheiro
Jônatas de França Barros
Francisco Holanda Cavalcante Neto
Jitone Leônidas Soares
Luiz Felipe Ferreira Barros
Hudday Mendes da Silva
Maryana Priscilla Silva de Moraes
André Ribeiro da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

N494 Neuroestimulação nos parâmetros associados ao dano muscular induzido pelo exercício físico / Richardson Correia Marinheiro, Jônatas de França Barros, Francisco Holanda Cavalcante Neto, et al. - Ponta Grossa - PR, 2021.

Outros autores
Jitone Leônidas Soares
Luiz Felipe Ferreira Barros
Hudday Mendes da Silva
Maryana Priscilla Silva de Moraes
André Ribeiro da Silva

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-524-9
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.249210110>

1. Neurociências. 2. Neurônios. 3. Neuromodulação. 4. Dano muscular. 5. Exercício. I. Marinheiro, Richardson Correia. II. Barros, Jônatas de França. III. Cavalcante Neto, Francisco Holanda. IV. Título.

CDD 612.8

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Este Livro é fruto da dissertação de mestrado “A influência da estimulação transcraniana por corrente contínua nos parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício”, defendida no Programa de Pós-Graduação Stricto Senso em Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil.

O livro “Neuroestimulação nos parâmetros associados ao dano muscular induzido pelo exercício físico”, teve como objetivo analisar, por meio de métodos indiretos, a influência do uso da estimulação transcraniana por corrente contínua sobre os parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício resistido. Para isso, foi apresentada uma base teórica sobre a temática, através de um estudo prospectivo de caráter clínico experimental, com 24 jovens do sexo masculino.

Esta obra poderá contribuir para os profissionais de Educação Física ligados à treinamento resistido, ressaltando a importância da busca de mecanismo que possibilite a terapêutica preventiva eficaz e alternativa sobre os sintomas do dano muscular após a prática de exercícios de alta intensidade.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, fonte da minha fé, por todas as graças e bênçãos derramadas durante a minha vida cristã, educacional e profissional.

Aos meus pais e familiares, pelo suporte de amor e carinho e pelos exemplos de vida inspiradores.

A minha esposa, Emanuelle, por sua paciência, compreensão e presença marcante nos principais momentos da minha vida, sem você estas conquistas não seriam completas e possíveis.

Ao meu orientador, professor Jônatas de França Barros, pela paciência, compreensão e ensinamentos em todos os momentos desta jornada, obrigado por tudo.

Aos amigos e companheiros de estudo, principalmente ao André, Gertrudes, Leônidas, Hudday e Holanda, pelo auxílio nas pesquisas e pelo ombro amigo nos momentos difíceis, sucesso a todos.

Ao surpreendente Samuel Bitu, por sua dedicação incondicional.

Ao Instituto Federal da Paraíba – Campus Sousa, em especial ao Diretor Geral Francisco Cicupira, pela parceria e por todas as oportunidades e confiança.

A todos os voluntários da pesquisa, por participarem dos estudos sendo verdadeiros parceiros na busca por novas possibilidades de intervenção.

Aos alunos do curso de Licenciatura em Educação Física do IFPB-Campus Sousa, que mesmo antes de conhecê-los, já faziam parte do escopo de inspiração para minha vida profissional.

Aos professores Alexandre Hideki Okano e Telma Maria Araújo Moura Lemos pelas contribuições no desenvolvimento do projeto.

A todos os meus amigos de Sousa/PB pela compreensão nos momentos de ausência e pela amizade incondicional.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram e contribuem para a realização dos meus sonhos, muito obrigado.

"Para Deus nada é impossível"

(Lucas 1, 37)

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS.....	1
RESUMO	2
ABSTRACT	3
Fundamentação do Problema e sua Importância	4
Problema de Pesquisa.....	4
Objetivos	5
Objetivo Geral.....	5
Objetivos Específicos	5
Hipóteses	5
Relevância do Estudo	6
REVISÃO DA LITERATURA.....	7
Dano Muscular Induzido pelo Exercício: mecanismos preventivos e terapêuticos	7
Estimulação Transcrâniana por Corrente Contínua: efeitos sobre o desempenho e o estado de dor	12
Parâmetros para a Avaliação do Dano Muscular	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	17
Delineamento do Método.....	17
População do Estudo.....	17
Seleção e perfil da amostra.....	17
Critérios de Inclusão e Exclusão.....	17
Procedimentos Experimentais.....	18
Protocolos Experimentais	19
Avaliação Inicial	19
Estimulação Transcrâniana por Corrente Contínua.....	19
Avaliação da Capacidade Muscular.....	21
Marcadores Bioquímicos de Dano Muscular	23
Percepção Subjetiva de Dor	24
Avaliação de 1-RM	24
Programa de Indução do dano Muscular.....	25

Procedimentos Éticos da Pesquisa.....	25
Tratamento Estatístico.....	25
RESULTADOS.....	27
DISCUSSÃO.....	32
CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS	36
ANEXOS	41
APÊNDICES.....	47
SOBRE OS AUTORES	53

LISTA DE SIGLAS, ABREVIações E SÍMBOLOS

Dano Muscular Induzido pelo Exercício	DMIE
Estimulação Transcraniana por corrente Contínua	ETCC
Physical Activity Readiness Questionnaire	PAR-Q
Escala Visual Analógica	EVA
Dor Muscular de Início Tardio	DMIT
Creatina Quinase	CK
Lactato Desidrogenase	LDH
Teste de 1 Repetição Máxima	1-RM
Contração Voluntária Máxima	CVM
Ressonância Magnética	RM
Consumo Máximo de Oxigênio	VO ₂ máx
Interleucina 1 beta	IL-1β
Adenosina Trifosfato	ATP

RESUMO

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica não invasiva que apresenta características anti-fadigante e analgésica. No entanto, faz-se necessário testar seus efeitos sobre a diminuição da força e do aparecimento da dor muscular de início tardio (DMIT) apresentado após um evento de dano muscular induzido pelo exercício (DMIE). Para isto, utilizou-se um estudo clínico de caráter experimental, controlado, randomizado e duplo-cego, com o objetivo de analisar o efeito da ETCC sobre os parâmetros da força muscular, níveis sanguíneos de Creatina Quinase (CK) e Lactato Desidrogenase (LDH) e a resposta subjetiva da dor, antes e após a realização de uma sessão de alta intensidade do exercício de flexão e extensão do joelho nos períodos de tempo de 24, 48 e 72 horas. A amostra foi composta por homens com idade entre 18 e 25 anos, os quais foram alocados nos grupos: G1: grupo controle; G2: grupo de estimulação após o dano e G3: grupo com estimulação antes e após o dano muscular. Os resultados sobre os níveis de CK e LDH, bem como no estado DMIT e redução da força muscular comprovaram a ocorrência do DMIE nos grupos analisados. Em contrapartida, após a análise de variância para comparação dos tratamentos aplicados, pode-se observar que não houve diferenças significativas nos níveis de CK ($p=0,3514$), DMIT ($p=0,50$) e força muscular ($p=0,9702$), quando comparados os resultados entre os grupos. Estes dados demonstram que a ETCC não possui capacidade de modular a DMIT e a diminuição da força após o DMIE, constatando que esta técnica não é capaz de promover alterações nos padrões de estimulação em regiões periféricas.

PALAVRAS-CHAVE: neuromodulação; dano muscular; exercício.

ABSTRACT

The transcranial direct current stimulation (tDCS) is a noninvasive technique that has characteristics analgesic and anti-fatiguing. However, it is necessary to test its effects on the decrease of the strength and appearance of delayed onset muscle soreness (DOMS) presented after an event of exercise-induced muscle damage (EIMD). For this, we used a clinical study of an experimental, controlled, randomized, double-blind, in order to analyze the effect of tDCS on the parameters of muscle strength, blood levels of creatine kinase (CK) and lactate Desidrigenase (LDH) and subjective response of pain before and after conducting a session of high intensity exercise flexion and knee extension in the time periods of 24, 48 and 72 hours. The sample consisted of men aged between 18 and 25 years, who were divided in groups: G1: control group, G2: stimulation group after the damage and G3: group with stimulation before and after muscle damage. The results on the levels of CK and LDH, as well as the state DOMS and reduced muscle strength proved the occurrence of EIMD in groups. In contrast, after the analysis of variance for comparison of the treatments, it can be observed that there were no significant differences in CK levels ($p = 0.3514$), DOMS ($p = 0.50$) and muscle strength ($p = 0,9702$) compared the results between groups. These data demonstrate that tDCS has no ability to modulate the DOMS and loss of strength after EIMD, noting that this technique is not able to promote changes in patterns of stimulation in peripheral regions.

KEYWORDS: neuromodulation; muscle damage; exercising.

INTRODUÇÃO

FUNDAMENTAÇÃO DO PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

O tecido muscular esquelético apresenta uma incrível plasticidade, com a capacidade de se regenerar e adaptar-se as condições ambientais impostas. Estímulos externos podem acarretar a desestruturação das partes que compõe este tecido e um bom exemplo destes estímulos é o exercício físico. Apesar dos benefícios advindos da sua prática, os exercícios resistidos podem ocasionar danos musculares, dependendo da intensidade utilizada no programa e da aptidão física inicial do praticante ⁰¹.

O dano muscular induzido pelo exercício se caracteriza por redução temporária da força, aumento da tensão passiva e dos níveis sanguíneos de proteínas intramusculares (creatina kinase, mioglobina, lactato desidrogenase), inchaço e dor muscular ⁰¹. Este processo promove um estado precário de comprometimento da capacidade física, afetando as sessões subsequentes do programa e restringindo os movimentos.

A fim de amenizar esta diminuição das capacidades físicas ocasionadas pelo DMIE, várias intervenções vêm sendo utilizadas tanto na prevenção e profilaxia como no tratamento deste evento. Desde o uso da farmacologia e de recursos nutricionais para amenizar os impactos causados pelo processo inflamatório e o estado de dor até a utilização de técnicas não invasivas, tais como as massagens terapêuticas ⁰², uso prévio do treinamento de flexibilidade ⁰³, terapia com *Light-emitting diode* e técnicas crioterápicas ⁰⁴, são alguns dos exemplos de recursos e técnicas que apresentam impactos positivos sobre os danos ocasionados após uma seção de exercício intenso.

A estimulação transcraniana por corrente contínua vem sendo utilizada para vários fins e caracteriza-se por ser um método indolor, acessível, barato e de fácil aplicação. Esta técnica não invasiva demonstra um amplo potencial de aplicabilidade, tanto na neurociência como em áreas onde se necessita de maior excitabilidade e respostas neuromusculares. Bom exemplo disso é a capacidade de modulação da fadiga neuromuscular em seres humanos com eventual melhoria no desempenho físico e esportivo ⁰⁶. Por apresentar características benéficas sobre as condições físicas presentes no processo de dano muscular induzido pelo exercício, tais como, a dor muscular e a redução da força, o nosso estudo teve como objetivo avaliar o efeito do uso da ETCC nas ações nocivas do dano muscular induzido pelo exercício em populações de jovens saudáveis.

PROBLEMA DE PESQUISA

Apesar do reconhecimento da capacidade de plasticidade do músculo esquelético e do processo natural para reestruturação do estado físico acarretado pelo dano muscular induzido pelo exercício, ainda se faz necessário encontrar mecanismos eficazes que amenizem estes impactos e auxiliem no processo de recuperação das aptidões físicas

comprometidas.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo primário deste estudo foi o de analisar, por meio de métodos indiretos, a influência do uso da estimulação transcraniana por corrente contínua sobre os parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício resistido.

Objetivos Específicos

- Avaliar os parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício resistido de alta intensidade, para a flexão e extensão do joelho, antes (T0) e no período após o treinamento 24 (T1), 48 (T2) e 72 horas (T3);
- Submeter os sujeitos da pesquisa a protocolos de estimulação transcraniana por corrente contínua de acordo com os grupos (G1: grupo controle – estimulação simulada; G2: grupo de estimulação simulada antes do dano e estimulação durante o processo de recuperação e G3: grupo com estimulação antes do dano e durante o processo de recuperação).
- Avaliar os possíveis benefícios da ETCC sobre os parâmetros de dor muscular de início tardio e de redução da força muscular durante o período de recuperação pós-exercício;
- Comprovar a ocorrência do DMIE após a aplicação do protocolo de dano, por meio das alterações nos níveis sanguíneos de CK e LDH.

HIPÓTESES

Este estudo teve a pretensão em testar a hipótese de correlação entre o uso da estimulação transcraniana por corrente contínua e a melhoria dos parâmetros neuromusculares que eventualmente comprometem a capacidade física de sujeitos submetidos a exercícios de alta intensidade geradores de dano muscular. Para isso, pautamos o nosso estudo nas seguintes hipóteses:

H0: A estimulação transcraniana por corrente contínua utilizada sobre a área do córtex motor primário não é eficaz sobre os parâmetros do DMIE, como, por exemplo, a dor muscular de início tardio e a melhoria das capacidades físicas comprometidas.

H1: A estimulação transcraniana por corrente contínua utilizada durante o período de recuperação pode eventualmente melhorar as capacidades físicas comprometidas

pelo processo de dano muscular induzido pelo exercício e o estado de dor muscular de início tardio.

H2: A estimulação transcraniana por corrente contínua utilizada somente no período que antecede o protocolo de exercício pode acarretar um aumento nos parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício ou desempenhar um papel protetor para o dano.

RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O presente trabalho pretendeu contribuir na busca de um mecanismo que possibilitasse uma terapêutica preventiva eficaz e alternativa sobre os sintomas do dano muscular após a prática de exercícios de alta intensidade. Com a comprovação das hipóteses alternativas descritas, seria possível utilizar a estimulação transcraniana por corrente contínua em atletas após competições, em casos especiais como idosos durante o processo de sarcopenia (perda progressiva da força e massa muscular), bem como na população em geral, sanando os sintomas que estimulam a não permanência nos programas de atividade física.

REVISÃO DA LITERATURA

DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO: MECANISMOS PREVENTIVOS E TERAPÊUTICOS

O exercício resistido demonstra ter um potencial mecanismo para o aumento da força e massa muscular, principalmente pela hipertrofia das fibras musculares do tipo II. Conforme o American College of Sports Medicine ⁰⁷, para que se obtenha um aumento da força e hipertrofia muscular, os programas de exercícios resistidos devem incluir tanto as ações musculares concêntricas como as excêntricas e isométricas. Contudo, estudos recentes têm demonstrado que exercícios que evidencie as ações de contração excêntrica fornecem maior desenvolvimento da força e hipertrofia muscular em comparação ao exercício de ação concêntrica ⁰⁸.

Esta melhor resposta adaptativa ao treinamento resistido de ações excêntricas se dá pelas características mecânicas e neurais que possibilitam uma maior produção de força pelo músculo e recrutamento específico de unidades motoras, além do maior grau de tensão e do estado de alongamento a que as fibras musculares são submetidas ⁰⁹.

Concomitante a estes benefícios o exercício com ação excêntrica desencadeia um maior dano muscular, principalmente em pessoas não-treinadas, propiciando dentre outras coisas a diminuição na força muscular e o estado de dor de início tardio, durante o período de recuperação ⁰⁹. O dano muscular induzido pelo exercício (DMIE) é caracterizado por lesões nos elementos contráteis da fibra muscular, prejuízo no recrutamento de unidades motoras e instalação de processo inflamatório ¹⁰.

Howatson & Someren ⁰¹, em uma vasta revisão sobre os mecanismos, tratamentos e procedimentos preventivos para o DMIE, relatam sobre a importância das ações excêntricas da musculatura na locomoção humana e os seus benefícios físicos e fisiológicos no uso clínico e esportivo. Descrevem também os impactos quando se encere em programas de treinamento, com pessoas iniciantes, exercícios que evidencie tais ações, por promover maior dano e dor muscular e diminuição da performance física com eventual impacto negativo sobre as sessões subsequentes.

A lesão muscular é inicialmente causada pelas tensões mecânicas sobre o músculo e posteriormente exacerbadas pela resposta inflamatória, que tem como objetivo reparar as estruturas danificadas. Existe um consenso comum entre os pesquisadores da área sobre os mecanismos a nível celular envolvidos em todo o processo do DMIE, que engloba ruptura das estruturas miofibrilares, inflamação com acúmulo de leucócitos, necrose segmentar das miofibrilas e regeneração subsequente envolvendo a ativação das células satélites ¹¹.

Por meio de uma vasta revisão de estudos correlacionados aos mecanismos e eventos gerados pelos DMIE, Clarkson & Hubal ¹², descrevem as variações de intensidade dos eventos gerados logo após o estímulo e no decorrer do período de recuperação, tais como, a dor muscular de início tardio, os níveis elevados de creatina quinase, a avaliação

estrutural por ressonância magnética, a diminuição dos níveis de força muscular pela análise da contração voluntária máxima e a instalação do processo de inflamação aguda e crônica (Figura 01).

As variações nos tipos de exercício, prevalência da ação de contração, frequência, duração e intensidade utilizadas nos protocolos de treinamento ou em atividades esportivas e a experiência prévia do sujeito para a prática do exercício, são as principais características que irão influenciar na magnitude do dano muscular e em suas conseqüentes respostas neuromusculares, fisiológicas e metabólicas ¹³.

Aparentemente, quando comparamos as variações na intensidade do dano, podemos observar que, entre os membros superiores e inferiores e entre o lado não-dominante e o dominante, existe uma maior susceptibilidade ao DMIE em um do que em outro, respectivamente. Este achado corrobora com uma possível relação entre o maior uso cotidiano da musculatura e a proteção contra os efeitos crônicos do exercício de alta intensidade ¹⁴.

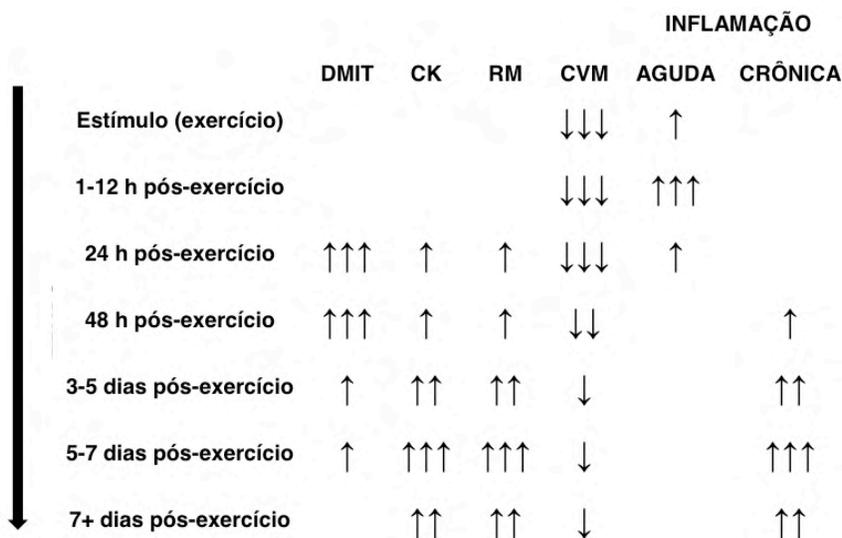


FIGURA 01 – Curso do tempo das mudanças nos parâmetros de DMIE

Uma seta: baixo aumento/diminuição; duas setas: moderado aumento/diminuição; três setas: alto aumento/diminuição. DMIE, dor muscular de início tardio; CK, Creatina Quinase, RM, imagem por Ressonância Magnética; CVM, Contração Voluntária Máxima/força (CLARKSON & HUBAL) ¹².

Já comparando tipos diferentes de esportistas e indivíduos sedentários observa-se que os atletas apresentam maior resistência ao dano muscular na maioria dos marcadores, além de existir uma distinção entre grupos específicos de atletas, como evidenciado por Skurvydas et al ¹⁵, que constatou uma diferença significativa na fadiga central de velocistas

quando comparado a de jogadores de voleibol e corredores de longas distâncias, todos submetidos ao mesmo protocolo de dano.

Quando relacionada às questões de gênero, a DMIT não apresenta diferença entre homens e mulheres após o dano muscular¹⁶. Outra variável que comumente acreditava-se apresentar diferenças entre grupos específicos era sobre os efeitos do exercício excêntricos em faixas etárias diferentes. Observa-se que em idosos o DMIE apresenta menor impacto quando correlacionado a sujeitos jovens e que este grupo não estaria mais susceptível ao dano muscular como comumente se acreditava¹⁷.

O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) em atletas que necessitam de uma maior capacidade aeróbia em competições, como no ciclismo, apresentam alterações significativas em atividades contrarrelógio, aquelas que exigem maior resistência a um ritmo contínuo, por aumentar a percepção subjetiva do esforço, o equivalente ventilatório e a frequência cardíaca equivalente para 60% e 80%, provocando um aumento no pico de $VO_{2máx}$ 48 horas após uma sessão de exercícios pliométricos¹⁸.

Com relação à capacidade de geração de força pelo musculo esquelético após um evento que promova o DMIE, observa-se uma redução da força proporcional ao estímulo aplicado, principalmente em programas de treinamento que visem promover um conjunto de variáveis de força associadas para a melhor performance de um movimento específico ou de uma ação muscular desportiva, como no treinamento de potencia ou em um *Sprint* final¹⁹.

O nível neuromuscular pode-se observar características específicas que tem como consequência a redução imediata e prolongada da força dinâmica ou isométrica, prejuízo no controle neuromuscular, inibição reflexa e dano específico às fibras musculares do tipo II, o que contribuem substancialmente para a diminuição dos potenciais de movimentos dinâmicos e multiarticulares característicos das atividades atléticas. Byrne e colaboradores²⁰ relatam que estes fenômenos devem ser levados em conta no que concerne à organização de eventos esportivos e estruturação de programas de treinamento para atletas.

Deschenes et al, quanto ao período de permanência dos sintomas, relatam que os demais sinais dos impactos negativos gerados pelo DMIE se dissipam em cerca de 7 dias após o evento que gerou o dano muscular, já as funções neuromusculares persistem em média 10 dias²¹. A diminuição da força muscular observada é independente do tipo de ação muscular utilizada, seja isométrica, concêntrica e ou excêntrica, tendo uma taxa de recuperação semelhante entre os tipos de contração utilizada na atividade motora²².

As deficiências das capacidades físicas observadas são usualmente associadas aos mecanismos periféricos, como consequência da instalação do processo inflamatório. Carmichael et al²³, constataram uma possível correlação com mecanismos centrais, através do aumento significativo dos níveis da IL-1 β no córtex e cerebelo, associando-o

a uma eventual diminuição da capacidade de recuperação da performance. A IL-1 β é uma citocina pró-inflamatória correlacionada em vários estudos com o estado de fadiga muscular por meio da ação dos macrófagos cerebrais.

Outro estudo aponta para um suposto controle central na modulação dos padrões de disparos neurais e nas atividades das unidades motoras e de que esta regulação demonstraria que as perturbações neuromusculares observadas após o dano muscular não estariam única e exclusivamente ligadas aos sintomas clínicos ²⁴.

Tee et al ¹³, menciona uma possível contribuição do estresse metabólico no processo do DMIE, principalmente quando se leva em conta a aptidão física inicial, o tipo, a intensidade e a duração do exercício. Este modelo se caracteriza por uma deficiência metabólica dentro do músculo, o qual aumenta a vulnerabilidade da fibra muscular ao dano.

Várias são as pesquisas que direcionam métodos e ou mecanismos para atenuar os sintomas e consequências do DMIE, bem como, procuram responder as variações de intensidade do dano às características individuais de cada sujeito. O uso da farmacologia e intervenção nutricional, estratégias terapêuticas manuais e eletromiográficas e o uso de atividades físicas prévias são alguns dos exemplos de intervenções mais propícias ⁰¹.

Na área nutricional, foi constatado uma correlação entre o consumo imediato de leite e a atenuação dos parâmetros de DMIE, como observado por Cockburn et al ²⁵, que conclui, em pesquisa realizada com 24 sujeitos jovens submetidos a um protocolo de 6 séries de 10 repetições do exercício de flexão e extensão do joelho em dinamômetro isocinético, que o consumo médio de 500ml pode atenuar os efeitos deletérios sobre a força e o aumento do volume plasmático de CK.

Outro importante mecanismo para atenuar os impactos deletérios na força muscular após o DMIE é à realização prévia de ações de baixa intensidade de exercícios que evidencie as contrações excêntricas ²⁶. Apesar de não alterar nenhum dos marcadores de DMIE após aplicação do protocolo, o uso de ações excêntricas de baixa intensidade auxilia na recuperação da maioria das variáveis dependentes seguintes ao dano muscular. Neste estudo, Chen e colaboradores, aplicaram uma sessão de exercícios a 10% CVM, em sujeitos idosos destreinados, sete dias antes de serem submetidos ao protocolo de dano muscular. Já utilizando duas contrações voluntárias máximas antes da aplicação de protocolo (2 a 4 dias), o qual foi composto por 30 CVM em isocinético com ênfase em contrações excêntricas, os mesmos autores, observaram uma atenuação significativa nas variáveis seguintes ao protocolo de dano muscular ²⁷.

Desta forma, os programas de pré-condicionamento que enfatizam as ações excêntricas de baixa intensidade (20%) ou contrações isométricas máximas (90° de flexão articular) produzem um efeito protetor prolongado contra o dano muscular induzido pelo exercício excêntrico de alta intensidade, por cerca de três semanas. Esta proteção não é

observada quando aplicada a uma intensidade abaixo de 20%, para as ações excêntricas, e contrações isométricas máximas que proporcionem um curto alongamento muscular (20°)²⁸.

Ingham et al²⁹, observou que séries de baixa intensidade de exercícios concêntricos, realizadas antes de um protocolo de dano muscular, também provocam efeitos benéficos como o observado com os programas de pré-condicionamento excêntrico, protegendo dos parâmetros de redução da força e DMIT e da diminuição da amplitude de movimento.

Esta proteção pode ser explicada pelas características individuais que alguns sujeitos apresentam, tais como, maior flexibilidade e melhor capacidade de produzir uma maior força relativa, promovendo assim, uma menor extensão dos sarcômeros nas ações musculares durante os exercícios. A adoção de um estilo de vida com uma rotina de prática de atividades físicas ou suplementares que promovam tal pré-condicionamento, pode ser uma técnica viável e que, porventura, explica a variação existente entre sujeitos na quantificação dos marcadores de dano muscular, após a aplicação de um mesmo protocolo de exercício³⁰.

A aplicação de uma segunda ação objetivando ocasionar um novo dano muscular, logo após duas semanas de um primeiro evento, acarreta uma diminuição na magnitude dos parâmetros avaliativos do DMIE por consequência de um eventual processo adaptativo periférico³¹. Nosaka et al³², também ressalta o papel profilático do exercício, evidenciando a etiologia desta característica a capacidade de plasticidade do músculo por meio do evento de remodelação das fibras musculares e do tecido conjuntivo.

Os resultados benéficos de um protocolo prévio de treinamento apontam para os possíveis vieses de aferição em estudos que objetivam analisar e quantificar os parâmetros de DMIE em grupos específicos. Neste escopo de possibilidades, um bom exemplo é o teste de 1 RM que pode vir a prover os sujeitos de uma possível proteção contra os efeitos de um protocolo de exercícios excêntrico de alta intensidade, como observado por Barroso et al³³, bem como, os protocolos de dano muscular devem considerar a intensidade da carga ao invés da quantidade de contrações, já que este primeiro promove com maior magnitude a lesão muscular.

Portanto, como observado nestes estudos, existem várias características específicas que devem ser levadas em conta na prescrição de exercícios físicos, bem como, mecanismos que podem ser adotados como ferramenta de auxílio na redução dos impactos negativos gerados pelo DMIE, tanto para fins profiláticos e terapêuticos, quanto para o uso desportivo.

ESTIMULAÇÃO TRANSCRÂNIANA POR CORRENTE CONTÍNUA: EFEITOS SOBRE O DESEMPENHO E O ESTADO DE DOR

A estimulação transcrâniana por corrente contínua (ETCC) vem sendo utilizada para vários fins. Esta técnica não invasiva demonstra um amplo potencial de aplicabilidade, tanto na neurociência como em áreas onde se necessitam de maior excitabilidade e respostas neuromusculares.

Em revisão realizada por Brunoni et al ³⁴, descreve-se este método como sendo uma técnica neuromoduladora que distribui baixa intensidade de corrente elétrica em áreas corticais específicas com a finalidade de facilitar ou inibir a atividade neural. Esta técnica demonstra significativa influência em vários tipos de tecidos, mecanismos fisiopatológicos como a inflamação e nas múltiplas estruturas celulares.

No uso clínico, a ETCC se caracteriza como um mecanismo com capacidade de induzir efeitos concorrentes na excitabilidade cortical, dependente do tipo de estímulo e do uso simultâneo aos testes neuropsicológicos e psicofisiológicos, com ausência de interações farmacológicas ³⁵.

Por meio da análise de coerência intermuscular pode-se constatar que a aplicação de baixas correntes elétricas promove alterações na excitabilidade de áreas corticais específicas, como no córtex motor primário. Estas alterações dependem do tipo de corrente aplicada, com diminuição na aplicação catódica e aumento da excitabilidade na anódica ³⁶.

As alterações de excitabilidade no córtex motor são dependentes também do estado cognitivo do participante e do nível de atividade da musculatura estimulada. Esta característica pode interferir na precisão de eficácia desta técnica com relação aos parâmetros de estímulo, quando se pretende promover uma neuroplasticidade significativa em casos específicos, como em pacientes com desordens neurológicas e idosos. Os efeitos benéficos da ETCC dependem, também, de vários outros fatores, tais como, área motora estimulada, estado de saúde e duração da estimulação ³⁷.

Os resultados de excitabilidade, constatados em pesquisas que avaliaram a fisiologia básica envolvida neste mecanismo, evidenciam um papel a nível central da neuromodulação, por exercer esta capacidade de variação dos sinais e impulsos na região cerebral, nos neurônios intracorticais ³⁸.

Dentre os benefícios observados com a aplicação de técnicas de estimulação cerebral, seja magnética ou por corrente contínua, podemos destacar o potencial efeito analgésico para casos de dor crônica de variadas etiologias ^{39, 40}. Quando aplicado sobre o córtex motor primário, com estimulação anódica, a ETCC se apresenta como uma técnica alternativa mais eficaz do que a estimulação magnética, diminuindo os escores de dor em cerca de 58%.

O efeito analgésico da ETCC tem um papel coadjuvante e potencializador no

tratamento de paciente com dor crônica, quando associado à administração de fármacos. Este efeito pode ser explicado pela capacidade de orientação da plasticidade cerebral, sendo assim, indicada a estados de dor que necessitam de certa reorganização da atividade do sistema nervoso central ⁴¹.

Em pesquisa conduzida em modelo animal, observou-se que a ETCC foi capaz de reverter completamente os efeitos prejudiciais do estresse crônico sobre o sistema da dor, como nos estados de hiperalgesia e alodinia, circunstâncias que promovem sensibilidade elevada da sensação e mudanças no sentido e qualidade da dor, respectivamente ⁴².

Com sujeitos saudáveis, Boggio ⁴³ confirma o efeito benéfico da ETCC sobre os parâmetros de dor, através da estimulação anódica aplicada sobre o córtex motor primário, aumentando tanto a sua percepção quanto o limiar, independentemente da existência de desordens correlacionadas ao estado de dor crônica.

No processo de DMIE observamos a diminuição da capacidade de gerar força pelo músculo concomitantemente ao surgimento da DMIT durante o período de regeneração das estruturas danificadas. Estudos propõem uma possível ligação entre estas condições, por observarem alterações no nível de ativação central dos músculos. Durante o estado de dor muscular ocorre uma inibição na ativação das unidades motoras que promove a fadiga e diminuição da força. Mastaglia ⁴⁴ indicar a possibilidade de a ETCC contribuir na melhoria destes estados.

Sobre o processo neuromuscular da fadiga, a ETCC demonstrar ter efeitos positivos quando aplicados sobre a área motora. Cogiமானian et al ⁰⁵, indicam que a ETCC aprimora a resistência diminuindo a fadiga neuromuscular proveniente da prática de atividades físicas em sujeitos saudáveis ou enfermos. Os autores sugerem que este efeito positivo sobre as capacidades neuromusculares pode ser acarretado por vários mecanismos, por exemplo, aumento da excitabilidade motora por meio de áreas pré-motoras, diminuição da fadiga muscular ocasionado pela modulação do estado de dor com eventual aumento da motivação e a melhoria do acoplamento sinérgico muscular.

Em atletas a estimulação cerebral apresenta a capacidade de controlar as funções do sistema nervoso autônomo, aumentando a atividade parassimpática e diminuindo a simpática, fato este não constatado em sujeitos não-atletas. Este fato sugere que a ETCC provoca efeitos positivos no controle autonômico do coração ⁴⁵. Em sujeitos que foram acometidos por acidente vascular cerebral a ETCC demonstra ser um promissor mecanismo de auxílio na terapia de reabilitação das funções motoras comprometidas ^{46, 47}. Estes benefícios podem ser observados independente dos membros e lados acometidos, com substancial melhoria das funções motoras.

O uso combinado da ETCC com a prática de exercício físico aeróbico demonstrou uma capacidade de modulação aguda do apetite, perdendo sua eficácia no período de 30

minutos após a sua aplicação, apresentando desta forma, ser um potencial mecanismo na utilização em populações obesas ou acometidas por doenças metabólicas que necessitem de terapêutica na redução do apetite e consequente diminuição do peso corporal ⁴⁸.

Os protocolos de estimulação aplicados sobre o córtex motor primário, utilizados em pesquisas que objetivaram avaliar e quantificar os benefícios da ETCC sobre as capacidades motoras de grupos variados, utilizaram parâmetros de estimulação semelhantes que variavam entre 1 a 2 mA de intensidade da corrente, por uma média de 10 a 20 minutos de duração e aplicados entre 2 a 4 sessões. Estes parâmetros são os mesmos observados em estudos que propõem um efeito positivo e significativo da ETCC sobre o estado de dor ⁴⁹.

Evidências científica sugerem que a ETCC seja um mecanismo potencial para aplicação na reabilitação e melhoria da função motora comprometida em pacientes com lesões cerebrais, por apresentar capacidade de modular a excitabilidade no cerebelo, específica à polaridade e o tipo corrente aplicada ⁵⁰.

Em estado clínico como na fibromialgia, que é uma doença crônica, com os seguintes sintomas: dor em todas as áreas do corpo, fraqueza generalizada, sintomas neurológicos, atenção e déficit de sono, fadiga crônica e uma redução geral das capacidades físicas e mentais, a ETCC aplicada sobre o córtex motor primário induziu a uma redução significativa da dor com duração dos efeitos por várias semanas após o tratamento ⁰⁶.

Laste et al ⁵¹, relatam sobre este efeito duradouro no quadro de dor subaguda induzido pela condição de inflamação crônica. Este achado corrobora na comprovação do efeito antinociceptivo da ETCC sobre a dor associada à ao processo inflamatório, como na fibromialgia e na osteoartrite.

Para tanto, pesquisas adicionais são necessárias para elucidar os mecanismos envolvidos nos efeitos antinociceptivo e analgésico da ETCC e se este método de neuromodulação pode ter um impacto clínico significativo sobre a dor associada com inflamação periférica, como no processo de regeneração das estruturas danificadas pelo DMIE em atletas e na população em geral.

PARÂMETROS PARA A AVALIAÇÃO DO DANO MUSCULAR

Para avaliação do DMIE são utilizados os parâmetros correlacionados aos estados funcionais e morfológicos, sendo divididos entre a avaliação direta através da biopsia muscular, e indireta, onde se inserem os parâmetros bioquímicos da Creatina Quinase, da Mioglobina e do Lactato Desidrogenase, o estado funcional do músculo por meio de avaliação eletromiografica e da contração voluntária máxima e a avaliação do estado de dor ⁰¹.

Várias enzimas e proteínas são utilizadas como marcadores indiretos de dano

muscular. Dentre elas se destaca a enzima creatina quinase e a mioglobina como proteína muscular, por apresentarem uma magnitude de correlação com o dano pós-exercício e pelo custo menos dispendioso para a sua análise.

A creatina kinase se apresenta no citoplasma em três isoformas distintas: CK-MM, CK-MB e CK-BB. A isoforma CK-MM é a com maior predominância dentro da fibra muscular, sendo correlacionada ao processo de DMIE em estudos com seres humanos. O aumento nas concentrações plasmáticas da CK-MM indica o estado de ruptura do sarcolema e conseqüente extravasar das moléculas intracelulares ⁵².

O pico de concentração da CK acontece entre o 3 e 7 dias após o dano. Apesar de ser usualmente utilizada em pesquisas que correlacionam seus níveis com o DMIE, a variação na quantidade extracelular oscila entre indivíduos, sendo ela um importante indicador da existência do dano, mas não da gravidade ⁵³.

Assim como a CK o Lactato Desidrogenase (LDH) encontra-se armazenado dentro da célula muscular, sendo liberada na corrente sanguínea após o dano nas estruturas celulares do músculo. Esta enzima tem a função de catalisar a conversão do piruvato a lactato na presença de NADH e está presente em praticamente todos os órgão e tecidos do organismo. Após o DMIE os níveis de LDH permanecem alterados com um período de pico igual ao da CK ⁵⁴.

Outro parâmetro de dano muscular utilizado em várias pesquisas e que demonstra correlação direta com protocolos de exercício de alta intensidade é a análise subjetiva por escalas de percepção de dor. Tem a característica de ser um teste de baixo custo e de alta confiabilidade ⁴⁸. Estas escalas subjetivas são usualmente utilizadas para avaliar a dor antes e após um tratamento analgésico.

A escala visual analógica (EVA), método utilizado em vários trabalhos para diagnosticar a dor muscular de início tardio, antes e após o DMIE, trata-se de uma escala de 10 centímetros de distância entre o ponto inicial e final, definido como ponto zero o estado “sem dor” e a outra extremidade, ponto 10, determinado como o estado de “dor extrema” ^{03, 25, 26, 27}. Esta técnica é caracterizada por ser subjetiva e pessoal, assim como o estado de dor, que compreende as dimensões afetivo-motivacionais, cognitivo-avaliativo e sensorial-discriminativo de cada sujeito.

Por apresentar características subjetiva e pessoal, a EVA não possui a capacidade de quantificar a magnitude da DMIT, bem como de correlacionar os seus resultados com as mudanças dos demais marcadores indiretos do DMIE ⁵⁵.

Após o DMIE pode-se observar uma deficiência no torque e contração voluntária máxima, demonstrando que tanto os fatores centrais como os periféricos contribuem para a perda progressiva da capacidade do músculo gerar força, permanecendo por uma média de 8 dias até retornar aos valores normais ⁰⁹. O comprometimento na capacidade funcional

do músculo se dar principalmente pela instalação do processo inflamatório em decorrência do dano ocasionado pelo estresse mecânico nas estruturas celulares. Desta forma, um dos mais utilizados e confiáveis parâmetros para avaliação do DMIE é a análise do torque e da capacidade máxima de geração de força pelo músculo lesionado, através de testes com o uso de dinamômetros isocinéticos e isométricos específicos a cada grupamento muscular ^{11, 13}.

Para tanto, na análise da eficácia de tratamentos e ações preventivas sobre os sinais e sintomas do DMIE, pode-se utilizar os métodos de avaliação indireta dos marcadores, tais como, os níveis séricos de CK e LDH com o objetivo de indicar a existência do dano, a avaliação subjetiva da dor para diagnóstica e quantificar o estado de dor individual e a análise da força muscular, antes e após o dano, como método para correlacionar o impacto da intervenção entre grupos.

MATERIAL E MÉTODOS

DELINEAMENTO DO MÉTODO

Esta pesquisa trata-se de um estudo prospectivo de caráter clínico experimental que avaliou a eficácia da estimulação transcraniana por corrente contínua nos parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício, utilizando-se as técnicas de randomização, controle e duplo cego, com o intuito de determinar a eficácia e efetividade da intervenção na pesquisa⁵⁶.

POPULAÇÃO DO ESTUDO

Seleção e perfil da amostra

Participaram da pesquisa 24 jovens do sexo masculino com idade entre 18 e 25 anos, moderadamente ativos ou sedentários, recém-matriculados na academia de musculação e ginástica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Sousa e oriundos dos núcleos habitacionais do perímetro irrigado de São Gonçalo – Sousa/PB. Os mesmos foram alocados, de forma aleatória e estratificada, nos grupos de intervenção: G1 – grupo controle – (estimulação simulada); G2: grupo de estimulação simulada antes do dano e estimulação durante o processo de recuperação e G3: grupo estimulação antes do dano e após no período de recuperação. Como critérios de estratificação foram utilizados o IMC, a idade e a prática regular de atividade física. A convocação foi realizada por meio de convite após explanação sobre os procedimentos utilizados, possíveis riscos e objetivos propostos pela pesquisa além da participação em caráter voluntário, oficializado por meio de assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido. (Apêndice A)

Critérios de Inclusão e Exclusão

Como critérios de inclusão foram elencados os seguintes aspectos correlacionados aos participantes:

- Atestado médico;
- Jovens saudáveis.

Como critérios de exclusão foram elencados os seguintes aspectos correlacionados aos participantes:

- Respostas negativas ao Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q) para aqueles sem autorização médica prévia à prática de exercícios físicos;
- Presença de disfunção osteomioarticular, aguda ou crônico-degenerativa, que impossibilitasse a execução do exercício flexão-extensão da articulação do joelho.

lho, assim como, aqueles portadores de algum problema cardiovascular que impedisse a realização de exercícios resistidos;

- Hipertensos;
- Aqueles que estavam contemplando em seu programa de atividade física diária exercícios resistidos durante os últimos seis meses;
- Indivíduos que estivessem fazendo o uso de medicamentos anti-inflamatórios, relaxantes musculares ou de qualquer outro fármaco que interfira na atividade muscular e nos parâmetros avaliados.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Todo o processo experimental foi realizado em laboratórios específicos a cada tipo de avaliação, com especial atenção a aspectos ambientais e de período de aferição. Após a análise de coerência dos avaliados com a pesquisa, os mesmos passaram por um período de explanação e adaptação ao uso dos equipamentos e procedimentos experimentais da pesquisa. Durante este período foram coletados dados antropométricos, realizado a consulta médica e o teste de 1RM para adquirir os dados necessários para a administração da carga no protocolo de dano muscular de cada avaliado. Foi respeitado um período médio de 15 dias entre os procedimentos iniciais e a aplicação da metodologia proposta para o dano muscular e a estimulação cerebral. No dia do experimento os participantes foram submetidos a uma avaliação prévia do estado de saúde e entrevista sobre aspectos e cumprimento das instruções precedentes ao experimento, objetivando-se, desta forma, amenizar os eventuais vieses de aferição na pesquisa.

Posteriormente, os indivíduos foram submetidos ao procedimento de coleta sanguínea (T0), seguidos de aquecimento de 5 minutos por meio de cicloergômetro e exercícios de alongamento dos membros inferiores, preparando-os para a aferição da força muscular.

Antes da aplicação do protocolo de treinamento para acarretar o dano muscular, os sujeitos foram submetidos ao procedimento de estimulação transcraniana por corrente contínua, respeitando os critérios específicos a cada grupo.

Passados 24 horas (T1) após a execução do protocolo de treinamento os sujeitos foram submetidos à nova coleta sanguínea e avaliação dos parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício (avaliação da força muscular e análise subjetiva de dor). Os procedimentos experimentais para avaliação destes parâmetros seguiram os mesmos de T1 nas seguintes escalas de tempo: 48 horas (T2) e 72 horas (T3).

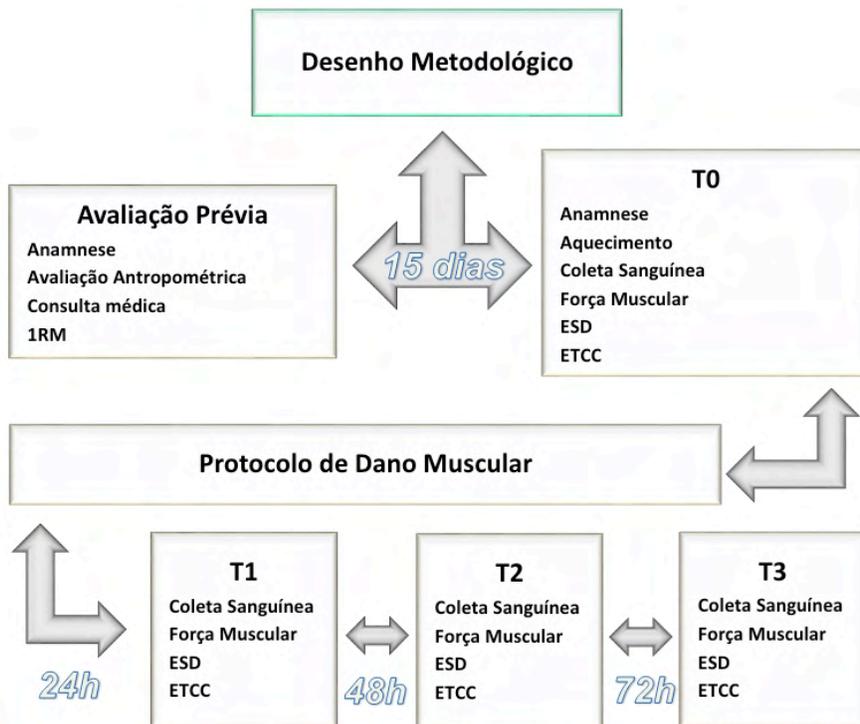


Figura 02 – Desenho metodológico do estudo.

PROTOCOLOS EXPERIMENTAIS

Avaliação Inicial

Os voluntários foram aferidos por meio de protocolo de avaliação, contendo todos os subsídios informativos que caracterizaram os indivíduos aptos para inclusão no estudo, além de anamnese com dados antropométricos e questionários específicos para as atividades que foram desenvolvidas na pesquisa (PAR-Q) e avaliação médica. (Apêndice B-C-D)

Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

O equipamento utilizado para a estimulação transcraniana por corrente contínua na pesquisa é constituído basicamente por estes componentes: eletrodos (ânodo e cátodo), amperímetro para avaliar a intensidade da corrente elétrica, potenciômetro para a manipulação da intensidade da corrente e um conjunto de baterias para a geração de energia.

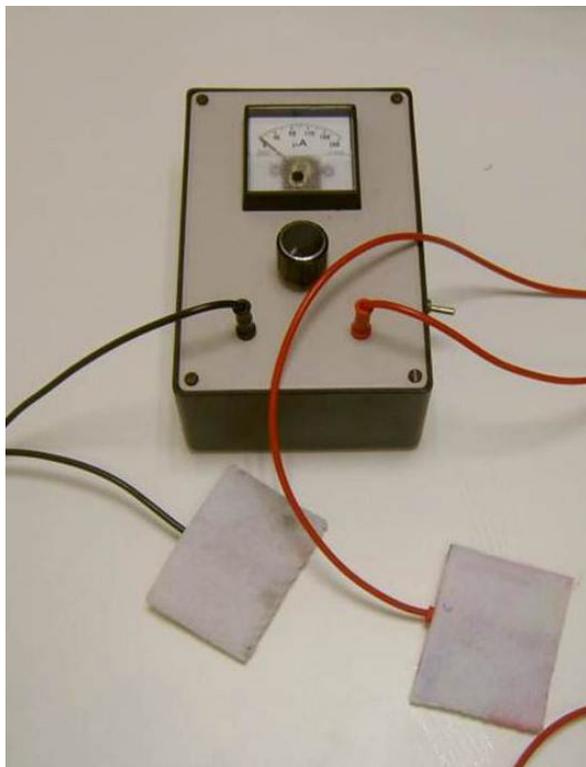


Figura 03 – Equipamento para ETCC.

A energia elétrica foi controlada por meio do potenciômetro com uma tensão ajustável entre 0 e 27 volts. Desta forma, a estimulação elétrica foi convencionada gradualmente conforme a necessidade do protocolo experimental utilizado. Este equipamento permitiu realizar a simulação da estimulação no grupo placebo, deixando ser percebida pelo participante a sensação de estava fazendo parte do tratamento real (estimulação simulada). Por apresentar sensação de formigamento e coceira na região de contato da pele com os eletrodos durante os primeiros momentos, cessando após aproximadamente 20 segundos, foi realizado o procedimento de redução da corrente elétrica gradualmente, após este período, até o aparelho ficar totalmente desligado, permitindo controlar no grupo de placebo (simulação) a sensação de estar sendo estimulado.

Os eletrodos, compostos de borracha condutora de eletricidade envolvida por esponjas, as quais foram embebidas em soro fisiológicos, tinham uma dimensão aproximada de 35 cm² e foram posicionadas nas regiões pré-frontal dorsolateral esquerda e supraorbital direita, para os eletrodos ânodo e cátodo, respectivamente (figura 04). Foram observadas as questões de assepsia, contato com a pele, umidade da esponja e fixação com auxílio de tiras elásticas para se obter menor resistência elétrica no experimento.



Figura 04 – Posicionamento dos eletrodos.
(Imagem extraída da tese de Boggio, 2006)

Para garantir a segurança de todo o procedimento e técnica experimental foram observados alguns parâmetros utilizados em pesquisas anteriores, tais como: intensidade da corrente aplicada (2 mA); duração da sessão de estimulação (10 minutos); tamanho do eletrodo (35 cm²) e densidade da corrente (0,05714 mA/cm²). Com base nos parâmetros descritos a cima a carga total aplicada foi de aproximadamente 0,0343 C/cm².

Avaliação da Capacidade Muscular

Neste trabalho foi adotada como parâmetro de força a contração voluntária máxima (CVM), mensurada através de um ergômetro projetado para este fim. Adaptou-se uma cadeira extensora unilateral, para que a mesma pudesse ter a função de manter um ângulo articular proposto previamente e a manutenção da postura sentada do indivíduo, permitindo desta forma, avaliar quantitativa e objetivamente os parâmetros físicos da função muscular em modos de operação passiva, isométrica, isotônica e concêntrica. O monitoramento do sinal foi realizado com o auxílio de um transdutor de força (célula de carga isométrica 500kg – Cefise Biotecnologia) tensionado por um braço de aço que une perpendicularmente o apoio na altura do tornozelo (média de 2 cm acima do maléolo medial) do avaliado e o ponto fixo de aplicação da força no ergômetro. A cadeira permite, através de estruturas específicas, regular o posicionamento do corpo do avaliado, por meio de cintos de fixação, e o ponto de referência para o movimento de extensão do joelho entre o côndilo lateral e o ponto central do eixo articular do braço extensor (figura 05).



Figura 05 – Ergômetro projetado para avaliação da força muscular.

A realimentação visual do avaliado foi fornecida por meio de um data show com projeção a uma distância média de 1,5 m, sendo recebida paralelamente uma motivação verbal do avaliador. O sinal de força foi adquirido e numerizado por meio de uma unidade para aquisição de sinais de dados (N2000 – Cefise Biotecnologia).



Figura 06 – Unidade de aquisição de dados (N2000 – Cefise Biotecnologia).

A força foi obtida a partir da média de três contrações voluntárias máxima com intervalo de um minuto entre as contrações. O ângulo adotado para o maior pico de torque foi a 60°, considerando 0° a extensão completa da perna.

A calibração do equipamento foi realizada conforme as especificações técnicas

necessárias, tais como: alinhamento dos eixos articulares e mecânicos; posicionamento e estabilização e o grau angular da articulação (60 graus). Como padrão de calibração foi utilizado à célula de carga e o ergômetro posicionado na condição de uso do equipamento, mantendo a alavanca de torque paralela ao chão, o centro de apoio posicionado a 50 cm do eixo onde se fixou uma carga de referência de 10 kg. Dentre outras referências utilizou-se: tipo de teste intermitente com intervalo de 1 minuto entre as repetições em três ciclos; Ângulo de força isométrica de 60°; frequência de amostragem de 100Hz; alavanca de 50 cm; sentido de tensão para a extensão do membro avaliado no modo lateral sequencial e filtro para contração válida adotando como referência o triplo da oscilação da carga com o sistema preparado na condição de uso e sem aplicação de força. Os testes foram realizados por um único avaliador, com o intuito de minimizar os comprometimentos de validade interna e variações.

Marcadores Bioquímicos de Dano Muscular

Foi adotado como parâmetro bioquímico do dano muscular induzido pelo exercício os níveis sanguíneos de CK total (creatina quinase) e LDH (lactato desidrogenase).

A punção venosa foi realizada por profissional farmacêutico com especialidade em bioquímica através de sistema de coleta sanguínea por punção venosa específica a cada amostragem bioquímica, adotando os cuidados necessários para manter a integridade física e orgânica de cada participante, além do procedimento de armazenamento e análise do material biológico. Foram utilizados tubos de ensaio a vácuo de 8,5 ml com aditivo de gel separador e ativador de coágulo (tubos *Labor import*) e agulhas modelo 22 G (25 mm X 0,7 mm) esterilizadas e com dispositivo de borracha para encaixe de adaptadores de tubo a vácuo.

O soro foi separado pelo método cinético 37°, utilizando-se um Banho Maria Termostático com variação de faixa de temperatura de 5°C a 100°C e uma centrífuga com sistema de encaixe para tubos de ensaio adaptável, rotação máxima de 1600 rpm e força G máxima de 480G (figura 07).



Figura 07 – Equipamentos utilizados na separação do soro.

Para a análise dos parâmetros bioquímicos de CK foram utilizados sistemas para determinação quantitativa da atividade da Creatina Quinase Total em modo cinético no soro (CK-NAC *Liquiform* – *Labtest*). Foram seguidos todos os procedimentos de precauções e cuidados especiais de acordo com as instruções de uso do laboratório *Labtest*, referentes à colheita, preparação, armazenamento e transporte da amostra. Para a análise do LDH foi utilizado o sistema para determinação da Desidrogenase Láctica sem soro por meio cinético (LDH *Liquiform* – *Labtest*) seguindo os mesmos padrões referenciados pelo fabricante para o CK total. Para determinar os quantitativos destes parâmetros bioquímicos antes e pós DMIE foi utilizado um analisador bioquímico semi-automático modelo BIO-2000 (BIOPLUS).

Percepção Subjetiva de Dor

Foi realizada a avaliação da dor muscular de início tardio por meio de um mecanismo subjetivo (EVA). Este método consiste de uma escala de 10 centímetros de distância entre o ponto inicial e final, definido como ponto zero o estado “sem dor” e a outra extremidade, ponto 10, determinado como o estado de “dor extrema”. Os sujeitos foram requisitados a classificar a dor ao início e término de cada seção de avaliação demarcando um local entre o ponto zero e dez da escala que representasse o estado de dor. A distância entre o ponto zero e a marcação do avaliado foi considerada como medida de dor.

Avaliação de 1-RM

A avaliação da força muscular dinâmica máxima, para prever a carga de trabalho e aplicação no protocolo de dano muscular, foi estimada através do teste de 1RM para

o exercício de extensão unilateral do joelho na cadeira extensora. Os procedimentos avaliativos seguiram os padrões e as observações quanto ao processo de familiarização descritos por Ritti Dias, et al ⁵⁷. Após um processo de demonstração do protocolo de avaliação, todos os sujeitos foram submetidos a três sessões de teste de 1-RM, com intervalos entre sessões de 48 a 72 horas. Cada sessão do teste foi precedida por um aquecimento em cicloergômetro e dez repetições do exercício utilizado no teste com cerca de 50% da carga a ser utilizada na primeira tentativa. Cada sessão do protocolo avaliativo foi composto por três tentativas com intervalos de 3 a 5 minutos. Em cada tentativa o avaliado foi conduzido a realizar duas repetições consecutivas com a carga proposta, caso não fosse possível realiza-las o mesmo era instruído a realizar uma nova tentativa com uma carga inferior. Quando da realização das suas repetições a carga era elevada gradualmente àquela utilizada na tentativa anterior. A carga registrada como 1-RM foi aquela na qual o avaliado conseguiu completar uma única repetição do exercício.

Programa de Indução do dano Muscular

O programa constou de uma única sessão de treinamento para a musculatura extensora do joelho utilizando uma cadeira flexora/extensora de musculação. Foi preconizado o treinamento com ênfase nas fases de contração excêntricas com auxílio na execução da fase concêntrica. O protocolo consistiu na execução de 4 séries compostas pelo máximo de repetições que o sujeito pudesse executar a uma carga que variou entre 70-90% de 1RM, entre as séries foi adotado um intervalo de 3-4 minutos e velocidade média de execução normal para a fase concêntrica (2 segundos) seguida de uma contração prolongada na fase excêntrica (4-6 segundos), protocolo este, adaptado ao utilizado em pesquisas prévias ^{58, 59}. A velocidade de execução foi controlada através de comunicação verbal entre o avaliado e o avaliador e as séries eram interrompidas quando o sujeito não conseguia mais realizar a execução correta do movimento. Houve assistência aos sujeitos que não conseguiram completar o movimento na fase concêntrica, no entanto, na fase excêntrica não foi utilizado esta manobra de auxílio.

Procedimentos Éticos da Pesquisa

A pesquisa observou os critérios contidos na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, que delinea os procedimentos em atividades de pesquisa envolvendo seres humanos, sendo submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa Institucional da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN com aprovação através do Parecer-CEP/UFRN nº 332.259 (ANEXO – A).

Tratamento Estatístico

Os dados foram submetidos à análise descritiva por meio dos cálculos de média, desvio padrão e coeficiente de variação, de acordo com as características das variáveis, por meio do pacote de dados The SAS System e do software Microsoft Excel for Windows. Foi

utilizado o teste de esfericidade de Mauchly's para validar a análise de medidas repetidas de variância (ANOVA). Utilizou-se um teste MANOVA para as variáveis significativas ao teste de esfericidade e o ANOVA para as matrizes de covariância do tipo esférica, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$). O teste de hipóteses para a análise das diferenças entre as médias dos grupos foi o Teste *T Student*.

RESULTADOS

Dos 25 participantes um não conseguiu completar todas as etapas dos procedimentos experimentais, por apresentar complicações (desmaio) às coletas sanguíneas. Os demais participantes toleraram bem aos procedimentos de estimulação e protocolo de dano muscular sem apresentar maiores sequelas, a não ser àquelas esperadas como consequência do dano muscular (DMIT). Não foi observado nenhum efeito colateral e não houve queixas, por parte dos participantes, de algum desconforto permanente ou sequela que impossibilitasse em seus afazeres diários. Nenhum participante conseguiu diferenciar se estavam fazendo parte do grupo de estimulação ou simulado, e os mesmos, após um período de 15 dias do dano muscular, declararam não sentir mais nenhum dos sinais ou sintomas do DMIE.

A tabela 01 apresenta as características descritivas da amostra expressas em médias, desvio padrão e coeficiente de variação e distribuídas pelos grupos que fizeram parte do estudo. Os resultados demonstram que não houve diferenças exponenciais entre os grupos.

	G1		G2		G3	
	<i>Média/DP</i>	<i>CV</i>	<i>Média/DP</i>	<i>CV</i>	<i>Média/DP</i>	<i>CV</i>
Nº de participantes	8		8		8	
Idade (ano)	19,5 ± 0,9	4,7	19,1 ± 1,6	8,6	20,5 ± 2,4	11,9
Massa Corporal (kg)	69,9 ± 12,8	18,4	69,7 ± 10,8	15,6	68,0 ± 10,3	15,1
Estatura (m)	1,72 ± 0,04	2,3	1,73 ± 0,06	3,3	1,69 ± 0,04	2,4
IMC (kg/m ²)	23,7 ± 5,2	21,9	23,3 ± 2,8	11,9	23,8 ± 3,0	12,6
RCQ	0,8 ± 0,03	3,7	0,8 ± 0,04	5,1	0,9 ± 0,05	5,1
% G	11,4 ± 8,4	73,7	9,2 ± 5,4	58,3	12,4 ± 6,4	52,0
PAS	119 ± 3,5	3,0	118,75 ± 6,4	5,4	118,75 ± 3,5	6,0
PAD	77,50 ± 7,1	9,1	77,50 ± 4,6	6,0	78,75 ± 3,5	4,5
1RM	72,25 ± 15,78	21,8	76,63 ± 13,62	17,8	72,50 ± 13,36	18,4

TABELA 01 – Médias e desvio padrão das variáveis idade, massa corporal, estatura, IMC, RCQ, % G, PAS, PAD e 1RM.

IMC=índice de massa corporal; RCQ= relação cintura/quadril; % G= porcentagem de gordura corporal; PAS= pressão arterial sistólica; PAD= pressão arterial diastólica; 1RM= teste de 1 repetição máxima; DP = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação.

Os dados para as variáveis de CK, força máxima e DMIT foram analisadas pelo teste de esfericidade de Mauchly's com o objetivo de testar a hipótese de não correlação entre estas variáveis na população estudada. Após esta análise foi observado que os dados para o CK resultaram em rejeição da hipótese ($p=0,0001$), indicando-se o uso de um teste para análise multivariada dos perfis (MANOVA), já na força máxima e DMIT, os resultados demonstraram a não rejeição da hipótese do teste ($p=0,0536$ e $p=0,1813$, respectivamente)

aceitando o uso de uma técnica univariada (ANOVA).

Após a aplicação da técnica para análise multivariada sobre os dados da CK, concluiu-se que os efeitos da ETCC sobre os seus níveis plasmáticos, antes (T0) e após (T1, T2 e T3) o DMIE, apresentaram um efeito não significativo ($p= 0,3514$) sobre interação dos fatores de tempo e grupo, indicando perfis médios de respostas paralelas. Na análise por meio de técnica univariada, concluiu-se que não existem diferenças significativas ($p= 0,2402$) entre as respostas médias de ambos os grupos. A figura 08 apresenta as médias de mínimo quadrado dos indivíduos dos três grupos nas quatro avaliações (T0, T1, T2 e T3). Analisando as diferenças estatísticas existentes da variável CK em cada grupo específico podemos constatar que os seus níveis tiveram um aumento significativo nos tempos T0 e T1 no Grupo 1 ($p= 0,0489$) e Grupo 2 ($p= 0,0482$) e T0 e T3 no grupo 3 ($p= 0,0210$).

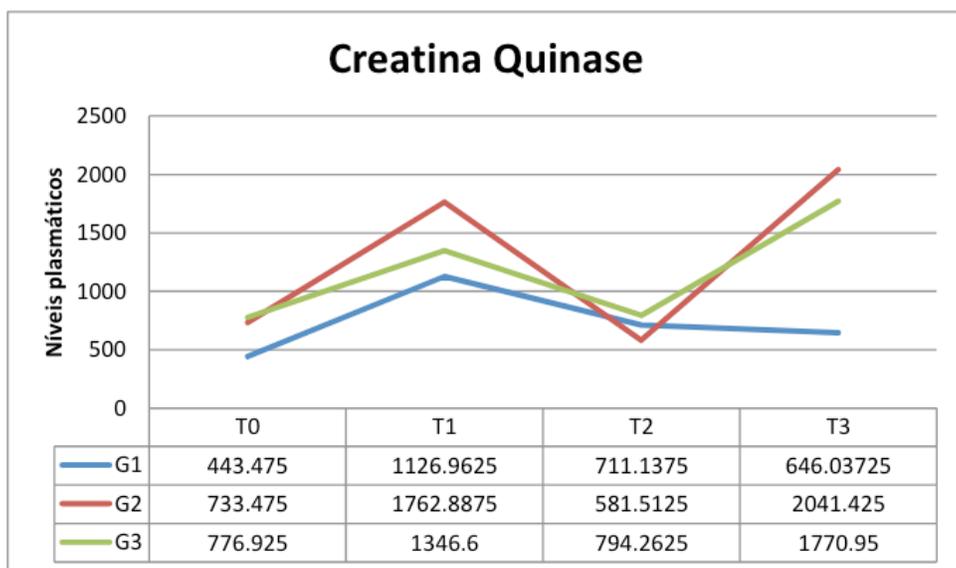


FIGURA 08 – Níveis plasmáticos de Creatina Quinase

Outro parâmetro bioquímico de DMIE avaliado e que não apresentou correlação com os demais dados dos grupos foi o nível de LDH, apresentados na figura 09.

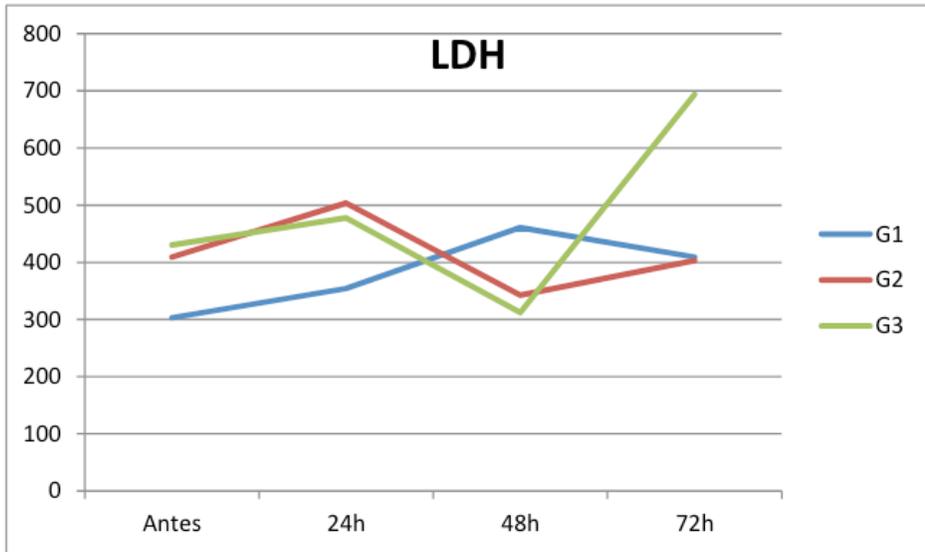


FIGURA 09 – Níveis plasmáticos de Lactato Desidrogenase

No estado de dor muscular de início tardio observou-se que os resultados do efeito da ETCC não tiveram diferença significativa ($p=0,4861$) quando comparados pelas médias de ambos os grupos de intervenção. Quando correlacionado a interação tempo por grupo, também se obteve um resultado não significativo ($p=0,50$). A figura 10 apresenta as médias por grupo de intervenção dos níveis de DMIT, avaliados por Escala Visual Analógica. Nesta variável a correlação interna dos grupos por variação de tempo obteve uma diferença estatística entre os tempos T0 e T1 nos grupos G1 ($p= 0,0053$), G2 ($p= 0,0025$) e G3 ($0,0007$).

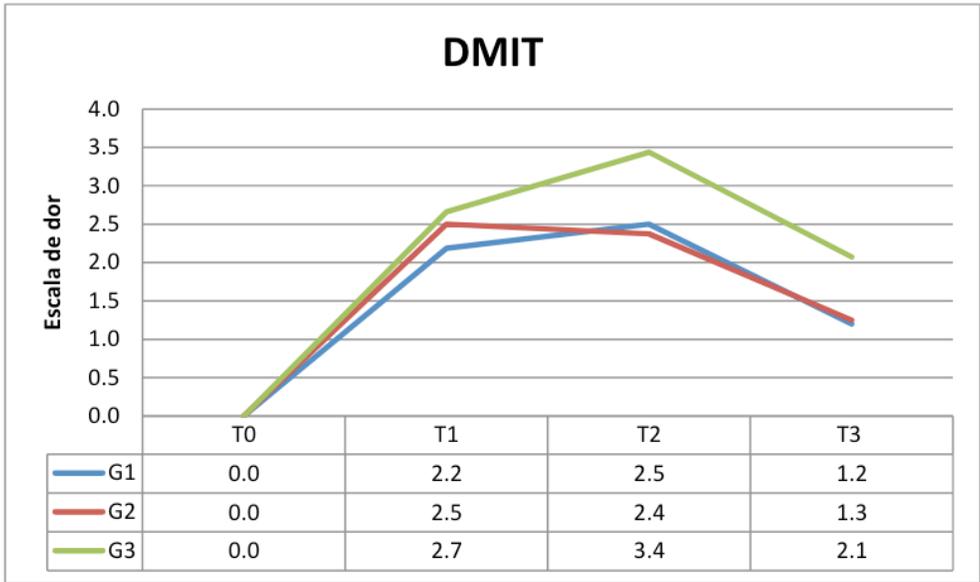


FIGURA 10 – Dor muscular de início tardio

Na variável força máxima obteve-se um nível de significância de $p= 0,9702$. O resultado para interação entre o tempo e grupo foi de $p= 0,64$, mostrando-se desta forma não significativo. No gráfico abaixo (figura 11) podemos ver a distribuição das médias por grupo de intervenção.

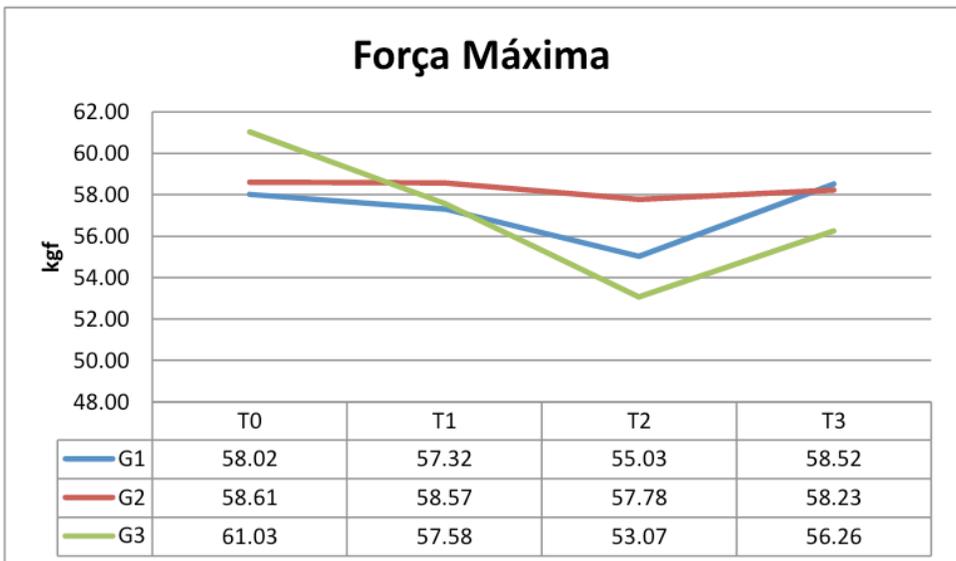


FIGURA 11 – Força máxima

A figura 12 demonstra os resultados por grupo da força média, obtida pela média das três contrações voluntárias máximas efetuadas nos testes para obter a força máxima.

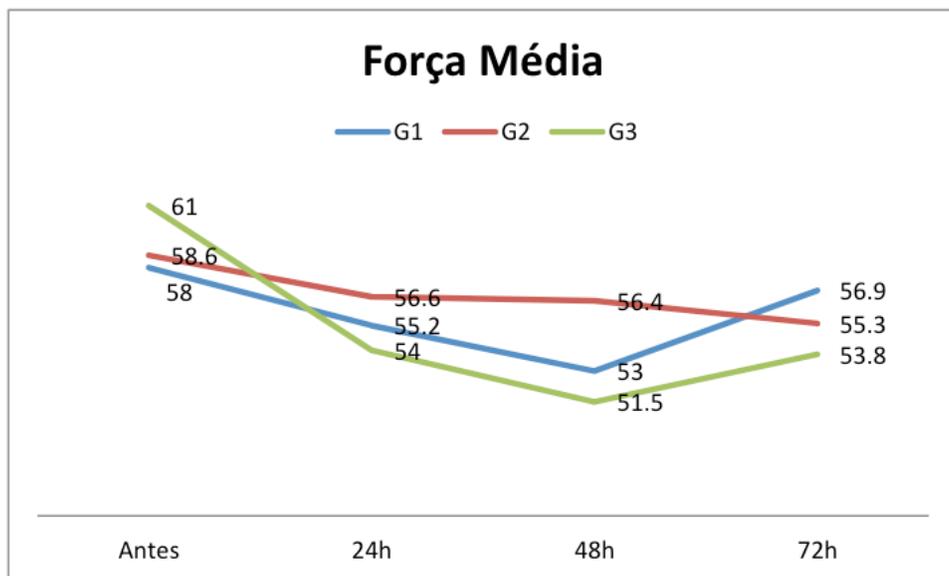


FIGURA 12 – Força média

DISCUSSÃO

O primeiro achado deste estudo foi o de que o protocolo utilizado com o propósito de promover o dano muscular resultou em respostas positivas sobre os parâmetros do DMIE, com eventual diminuição da força muscular, aumento dos níveis séricos de CK e LDH e aparecimento da DMIT.

Os resultados indicaram que a ETCC com estimulação anódica, aplicado sobre córtex motor, não promoveu efeito sobre os parâmetros de DMIT e força muscular, observados em sujeitos após o DMIE, mesmo com variação nos períodos de estimulação (antes e após o dano). Estes achados podem corroborar com os questionamentos sobre o efeito da estimulação cerebral por corrente contínua sobre as condições de dor e diminuição da força muscular por consequências periféricas.

Stagg & Nitsche ³⁸ transcreve, em uma vasta revisão sobre os efeitos neurofisiológicos da ETCC sobre o córtex motor, que a estimulação cerebral tem um papel importante na neuromodulação da dor a nível cortical, fato este também observado em um estudo piloto com um paciente com dor de origem neuropática ⁴¹.

Este fato pode vir a justificar a ausência de diferenças significantes entre os sujeitos submetidos aos protocolos de estimulação cerebral do nosso estudo, levantando a hipótese de que, por se tratar de um estado de redução da força e promoção da dor muscular produzida pela ruptura das estruturas celulares e por instalação do processo inflamatório, condições estas de características periféricas, a ETCC não viria a promover os benefícios esperados, justificada por sua capacidade de modulação ser a nível cortical.

A estreita ligação entre o processo de dor e o aumento da fadiga muscular com conseqüente redução da força é observada em enfermidades com características neuromusculares, como na fibromialgia. Esta característica pode vir a justificar a redução nos parâmetros de produção da força muscular após o DMIE por conseqüente ação de mecanismos centrais, influenciados pela DMIT. Alguns estudos evidenciam um modelo teórico para explicar a DMIT e sua relação com a fadiga muscular ⁴⁴. Estes trabalhos postulam que em certas circunstâncias, como na DMIT, as unidades motoras centrais teriam a sua capacidade de estímulo reduzida e haveria uma conseqüente diminuição da excitabilidade dos músculos, com o objetivo de prevenir o agravo do dano.

Com os resultados do nosso estudo podemos constatar que tal modelo pode não ser válido para explicar os mecanismos envolvidos em tal situação, já que com a estimulação cortical não foi possível promover a melhoria da força ou diminuição da dor após o DMIE e que mais mecanismos podem estar envolvidos na promoção de tais condições geradas por consequências periféricas.

A dor muscular após a prática de atividades intensas pode ser provocada pela liberação de adenosina trifosfato (ATP) após o extravasamento das estruturas celulares. A

ATP tem a capacidade de estimular os nociceptores que são terminações nervosas que tem a função de enviar sinais para a percepção da dor em resposta a um estímulo que apresenta um potencial de dano ⁶⁰. Analisando o efeito da ETCC sobre a dor em sujeitos saudáveis, Hansen et al ⁶¹, constataram que esta técnica não é capaz de promover alterações nos padrões de estimulação das terminações nociceptivas periféricas, corroborando com os achados do nosso estudo.

Este mesmo resultado foi encontrado em pesquisa desenvolvida com sujeitos apresentando lombalgia de etiologia não específica, estado que se caracteriza como de origem periférica, não apresentando eficácia na redução da dor lombar crônica ⁶².

É interessante verificar que apesar de ser sugerida como um potencial mecanismo para a melhoria do rendimento atlético ⁰⁶ e apresentar efeitos benéficos sobre os estados de fadiga muscular e suas consequências neuromusculares, a estimulação transcraniana por corrente contínua deve ser testada em variadas condições correlacionada à prática esportiva, com merecida atenção aos exercícios resistidos, para comprovação dos seus efeitos propalados.

Cogiமானian et al ⁰⁵, supõe a existência de benefícios que contrapõem aos resultados desta pesquisa, tais como a dor muscular relacionada a fadiga e a melhoria da resistência muscular. Hendy e Kidgell ⁶³ testaram o efeito da ETCC sobre a variável de força muscular dinâmica aplicado com a adição de um programa de exercícios por três semanas. Os autores constataram que, a ETCC aplicada com uma corrente de 2mA por 20 minutos somada a prática de exercício resistido de alta intensidade, não promoveu benefícios adicionais sobre o ganho de força máxima quando comparado ao grupo que utilizou somente o programa de treinamento.

Condição semelhante foi observado por Muthalib et al ⁶⁴, após aplicação da ETCC a uma corrente de 2mA por 10 minutos em homens saudáveis. Os sujeitos foram submetidos a um protocolo de exercícios isométricos até a exaustão com posterior estimulação cerebral por ETCC e avaliação da contração voluntária máxima. Os pesquisadores observaram que esta técnica não promoveu uma ativação neural capaz modular e manter a produção de força pelo musculo esquelético.

Em particular, apesar de não ter apresentado diferença significativa entre os grupos, podemos observar que a estimulação quando aplicada somente no período pós dano muscular promoveu uma leve redução da força (1,4%) comparando com o grupo controle (5,1%) e o grupo de estimulação antes e após o dano (13,1%). Estes resultados apresentados na diminuição da força não foram compatíveis com a maioria dos estudos que avaliaram os padrões de redução desta variável em sujeitos saudáveis participantes do grupo controle, com redução de cerca de 20% ²⁵, 30% ¹² e até 42% ²⁷ na contração voluntária máxima.

Apesar disto, a alteração de cerca de 1,4% na força muscular observado no grupo que recebeu a estimulação somente durante o período de pós dano pode levantar a hipótese de benefício da ETCC, aplicada neste período, para amenizar o estado de incapacidade do musculo em gerar força após o DMIE, mas seria necessário que o grupo controle tivesse uma diferença significativa sobre os padrões apresentados neste grupo.

Não podemos também generalizar resultados com base nas evidências constatadas neste estudo, necessitando-se de mais pesquisas para observar o comportamento da análise subjetiva da dor e os padrões de CVM com métodos de estimulação variados, tais como, estimulação anódica antes (dias) do evento de dano muscular para testar o efeito em longa duração da ETCC, aumento no número de sessões de estimulação e dos parâmetros de amplitude, duração e densidade da corrente dentro dos padrões de segurança, uso de um grupo controle sem a aplicação do protocolo de dano muscular ou a adição de um grupo com a estimulação antes do dano e simulado no período de recuperação.

Faz-se necessário reduzir os possíveis vieses de seleção da amostra apresentados neste estudo, como a inserção de sujeitos sem experiência prévia com exercícios resistidos, sedentários ou um grupo que possibilitasse um maior controle sobre eventuais condições que viessem a interferir nos parâmetros avaliados, bem como, os vieses de aferição, com a aplicação de um protocolo de dano mais intenso e condizente as características da amostra e o uso de um dinamômetro isocinético para avaliação da força e administração do protocolo de exercício com maior ênfase nas ações excêntricas e distribuição uniforme da carga de trabalho.

Outras características que podem ter promovido uma eventual interferência nos resultados e devem ser levadas em conta quanto à aplicação da ETCC para melhoria das condições geradas pelo DMIE, são: ingestão diária de leite, por apresentar a capacidade de atenuar os efeitos deletérios do DMIE ²⁵, já que a base da alimentação matinal da maioria dos sujeitos da pesquisa é composta por leite e seus derivados e as avaliações foram realizados no período após a alimentação; realização prévia de ações de baixa intensidade de exercícios que evidencie as contrações excêntricas ²⁶ e/ou concêntricas ²⁹, pois cerca de 80% dos participantes declararam praticar atividades físicas moderadas e vigorosas na maioria dos dias da semana; a aplicação do teste de 1RM anterior à aplicação do protocolo de dano ³³; bem como, a administração de contrações isométricas máximas até três semanas antes, por promover uma característica de pré-condicionamento ao dano muscular ²⁸.

Estas são algumas das evidências constatadas que podem nortear novas pesquisas com o objetivo de comprovar eficazmente os resultados apresentados neste estudo ou contrapor aos mesmos.

CONCLUSÕES

Em conclusão, a verificação de que a estimulação transcraniana por corrente contínua não foi capaz de interferir nos parâmetros de Creatina Quinase, força muscular e dor muscular de início tardio, em sujeitos saudáveis e ativos, mostra que os benefícios neuromoduladores desta técnica estão centrados a nível intracortical e de que pesquisas adicionais são necessárias para verificar o seu efeito e mecanismos envolvidos nos estados neurofisiológicos de origem periférica.

REFERÊNCIAS

1. HOWATSON, G.; SOMEREN Ken A. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. **Sports Medicine**, v. 38 (6), p. 483-503, 2008.
2. CRANE, Justin D. et al. Massage therapy attenuates inflammatory signaling after exercise-induced muscle damage. **Science Translational Medicine**, New York, v. 119, n. 4, fev. 2012.
3. CHEN, Che-Hsiu, et al. Effects of flexibility training on eccentric exercise-induced muscle damage. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 3, p. 491-500, 2011.
4. CAMARGO, Mariana Z. et al. Effects of light emitting diode (LED) therapy and cold water immersion therapy on exercise-induced muscle damage in rats. **Lasers Med. Sci.**, jan. 2012.
5. COGIAMANIAN F. et al. Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical áreas. **European journal of Neuroscience**, v. 26, p. 242-249, 2007.
6. FREGNI, Felipe. et al. A Randomized, Sham-Controlled, Proof of Principle Study of Transcranial Direct Current Stimulation for the Treatment of Pain in Fibromyalgia. **Arthritis & Rheumatism**, v. 54,n. 12, p. 3988-3998, 2006.
7. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Position Stand. 2009. (Comunicação especial)
8. FARTHING, Jonathan P.; CHILIBECK, Philip D. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 89, p. 578-586, 2003.
9. BARROSO, R.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. **Rev. Bras. Ciência e Movimento**, v. 13, n. 2 p. 111-122, 2005.
10. PRASARTWUTH, O. et al. Length-dependet changes in voluntary activation, maximum voluntary torque and twitch responses after eccentric damage in humans. **J. Physiol.**, v. 571.1, p. 243-252, 2006.
11. PAULSEN, Goran. et al. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? **EIR**, 2012
12. CLARKSON P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **Am. J. Phys. Med. Rehabil.** v. 81, p. S52-S69, 2002.
13. TEE, Jason C.; BOSCH, Andew N.; LAMBERT, Mike I. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. **Sports Med**, v. 37, n. 10, p. 827-836, 2007.
14. CHEN, Trevor C. et al. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. **Eur J Appl Physiol**, p. 211-223, 2011.
15. SKURVYDAS, Albertas. et al. The effect of sports specialization on musculus quadriceps function after exercise-induced muscle damage. **Appl. Physiol. Nutr. Metab**, p. 873-880, 2011.

16. DANNECKER, Erin A. et al. Sex Differences in Exercise-Induced Muscle Pain and Muscle Damage. **The Journal of Pain**, v. 13, n. 12, p. 1242-1249, 2012.
17. LAVENDER, Andrew P. NOSAKA, Kazunori. Comparison between old and young men for changes in makers of muscle damage following voluntary eccentric exercise of the elbow flexors. **Appl. Physiol. Nutr. Metab.**, p. 218–225, 2006.
18. TWIST, Craig. ESTON, Roger G. The effect of exercise-induced muscle damage on perceived exertion and cycling endurance performance. **Eur J Appl Physiol**, p. 559–567, 2009.
19. LOPEZ, D. García. et al. Early explosive force reduction associated with exercise-induced muscle damage. **J. Physiol. Biochem**, p. 163-170, 2006
20. BYRNE, C.; TWIST, C.; ESTON, R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. **Sports Med.** V. 34, n.1, p. 49-69, 2004.
21. DESCHENES, Michael R. et al. Neuromuscular disturbance outlasts other symptoms of exercise-induced muscle damage. **Journal of the Neurological Sciences**, p. 92–99, 2000.
22. BYRNE, Christopher. ESTON, Roger. The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. **Journal of Sports Sciences**, p. 417- 425, 2002.
23. CARMICHAEL, Martin D. et al. Role of brain macrophages on IL-1b and fatigue following eccentric exercise-induced muscle damage. **Brain, Behavior, and Immunity**, v. 24, p. 564–568, 2010.
24. PLATTNER, Kristina. et al Dissociation in changes in EMG activation during maximal isometric and submaximal low force dynamic contractions after exercise-induced muscle damage. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 21, p. 542–550, 2011.
25. COCKBURN, Emma. et al. Effect of volume of milk consumed on the attenuation of exercise-induced muscle damage. **Eur J Appl Physiol**, p. 3187–3194, 2012.
26. CHEN, Trevor C. et al. Low-intensity eccentric contractions attenuate muscle damage induced by subsequent maximal eccentric exercise of the knee extensors in the elderly. **Eur J Appl Physiol**, p. 1005–1015, 2013.
27. CHEN, Trevor C. et al. Effect of two maximal isometric contractions on eccentric exercise-induced muscle damage of the elbow flexors. **Eur J Appl Physiol**, p. 1545–1554, 2013.
28. CHEN, Trevor Chung Ching. et al. Attenuation of Eccentric Exercise–Induced Muscle Damage by Preconditioning Exercises. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 2012
29. INGHAM, Stephen A. SOMEREN, Ken A. Van, HOWATSON, Glyn. Effect of a concentric warm-up exercise on eccentrically induced soreness and loss of function of the elbow flexor muscles. **Journal of Sports Sciences**, p. 1377–1382, 2010.
30. MARGINSON, Vicky. et al. Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. **J Appl Physiol**, p. 1174–1181, 2005.

31. NOSAKA, K. NEWTON, M. SACCO, P. Responses of human elbow exor muscles to electrically stimulated forced lengthening exercise. **Acta Physiol Scand**, p. 137 - 145, 2002.
32. NOSAKA, K. NEWTON, M. SACCO, P. Attenuation of protective effect against eccentric exercise-induced muscle damage. **Can. J. Appl. Physiol**, p. 529-542, 2005.
33. BARROSO, Renato. et al. Effect of the Number and the Intensity of Eccentric Muscle Actions on Muscle Damage Markers. **Rev Bras Med Esporte**, v. 17, n. 6, 2011.
34. BARNES, Jill N. et al. Arterial stiffening folowing eccentric exercesse-induced muscle damage. **J. Appl. Physiol.**, v. 109, p. 1102-1108, 2010.
35. BRUNONI, Andre R. et al. Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): challenges and future directions. **Brain Stimulation**. 2011.
36. POWER, Hollie A. et al. Transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex affects cortical drive to human musculature as assessed by intermuscular coherence. **J Physiol**, p. 795–803, 2006.
37. ANTAL, Andrea, et al. Towards unravelling task-related modulations of neuroplastic changes induced in the human motor cortex. **European Journal of Neuroscience**, v. 26, p. 2687-2691, 2007.
38. STAGG, Charlotte J. NITSCHKE, Michael A. Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation. **The Neuroscientist**, p. 37– 53, 2011.
39. LEFAUCHEUR, Jean-Pascal. et al. The use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) and transcranial direct current stimulation (tDCS) to relieve pain. **Brain Stimulation**, p. 337–344, 2008.
40. ANTAL, Andrea. Anodal Transcranial Direct Current Stimulation of the Motor Cortex Ameliorates Chronic Pain and Reduces Short Intracortical Inhibition. **Journal of Pain and Symptom Management**, v. 39, n. 5, 2010.
41. ANTAL, Andrea. PAULUS, Walter. A case of refractory orofacial pain treated by transcranial direct current stimulation applied over hand motor area in combination with NMDA agonist drug intake. **Brain Stimulation**, p. 117–21, 2011.
42. ADACHI, Lauren Naomi Spezia. et al. Reversal of chronic stress-induced pain by transcranial direct current stimulation (tDCS) in an animal model. **Brainresearch** , p. 1 7 – 2 6, 2012.
43. BOGGIO P. S. et al. Modulatory effects of anodal transcranial direct current stimulation on perception and pain thresholds in healthy volunteers. **European Journal of Neurology**, p. 1124–1130, 2008
44. MASTAGLIA, Frank L. et al. The relationship between muscle pain and fatigue. **Neuromuscular Disorders**, p.178–180, 2012.
45. MONTENEGRO Rafael A. et al. Transcranial direct current stimulation influences the cardiac autonomic nervous control. **Neuroscience Letthers**, n. 497, p. 32-36, 2011.
46. JAYARAM G.; STINEAR, James W. The effects of transcranial stimulation on paretic lower limb motor excitability during walking. **J. Clin. Neurophysiol**, v, 26, n 4, p. 272-279, 2009.

47. MADHAVAN S.; WEBER II, K. A.; STINEAR, J. W. Non-invasive brain stimulation enhances fine motor control of the hemiparetic ankle: implications for rehabilitation. **Exp. Brain Res.** v. 209, p. 9-17, 2011.
48. MONTENEGRO, Rafael A. et al. Prefrontal cortex transcranial direct current stimulation associated with aerobic exercise change aspects of appetite sensation in overweight adults. **Appetite**, n. 58, p 333-338, 2012.
49. UTZ, Kathrin S. et al. Electrified minds: Transcranial direct current stimulation (tDCS) and Galvanic Vestibular Stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology-A review of current data and future implications. **Neuropsychologia**, p. 2789–2810, 2010.
50. GALEA, Joseph M. et al. Modulation of Cerebellar Excitability by Polarity-Specific Noninvasive Direct Current Stimulation. **The Journal of Neuroscience**, p. 9115–9122, 2009.
51. LASTE, Gabriela. et al. After-effects of consecutive sessions of transcranial direct current stimulation (tDCS) in a rat model of chronic inflammation. **Exp Brain Res**, p. 75–83, 2012.
52. BRANCOCCIO, P.; MAFFULLI N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **British Medical Bulletin**, n.81, p. 209-230, jun. 2007.
53. BAIRD, Marianne F. et al. Creatine-kinase and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2012, p. 1-13, 2011.
54. KOBAYASHI, Yoshio. et al. Effect of marathon run on serum lipoproteins, creatine kinase, and lactate dehydrogenase in recreational runners. **Research Quarterly for Exercise and e Sport**, v.76, n.4, p. 450-455, 2005.
55. NOSAKA, Kazumori, NEWTON, Mike, SACCO, Paul. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. **Scand J. Med Sci Sports**, p. 337-346, 2002.
56. PEREIRA, M. G. Epidemiologia: teoria e prática. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 598 p, 1995.
57. DIAS, Raphael Mendes Ritti. et al. Influência do processo de familiarização para avaliação da força muscular em testes de 1-RM. **Rev Bras Med Esporte**, Vol. 11, Nº 1, 2005.
58. LEWIS, Paul B. et al. Muscle Soreness and Delayed-Onset Muscle Soreness. **Clin Sports Med**, 2012.
59. SOMEREN, Ken A. EDWARDS, Adam J. HOWATSON, Glyn. Supplementation with β -Hydroxy- β -Methylbutyrate (HMB) and α -Ketoisocaproic Acid (KIC) Reduces Signs and Symptoms of Exercise-Induced Muscle Damage in Man. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, p. 413-424, 2005.
60. MENSE, Siegfried. Muscle Pain: Mechanisms and Clinical Significance. **Dtsch Arztebl**, p. 214–219, 2008.
61. HANSEN, Niels. et al. Modulation of human trigeminal and extracranial nociceptive processing by transcranial direct current stimulation of the motor cortex. **Cephalgia**, p. 661–670, 2010.

62. O'CONNELL, Neil E. et al. Transcranial Direct Current Stimulation of the Motor Cortex in the Treatment of Chronic Nonspecific Low Back Pain. **Clin J Pain**, v. 29, n. 1, 2013.

63. HENDY, A. M. KIDGELL, D. J. Anodal tDCS Applied during Strength Training Enhances Motor Cortical Plasticity. **Med Sci Sports Exerc**, 2013.

64. MUTHALIB, Makii. et al. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation of the Motor Cortex on Prefrontal Cortex Activation During a Neuromuscular Fatigue Task: An fNIRS Study. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 789, p. 73-79, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO GRANDE DO NORTE /
UFRN CAMPUS CENTRAL



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A influencia da estimulação transcraniana por corrente contínua nos parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício

Pesquisador: RICHARDSON CORREIA MARINHEIRO

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 13096613.8.0000.5537

Instituição Proponente: Departamento de Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 332.259

Data da Relatoria: 28/06/2013

Apresentação do Projeto:

A prática de exercícios físicos é considerada uma atitude saudável. Entretanto, em determinadas condições, pode levar a danos musculares em virtude de exercícios realizados de maneira inadequada. Parte desses danos ocorre nos músculos esqueléticos, o que se conhece como Dano Muscular Induzido pelo Exercício (DMIE). O DMIE caracteriza-se por redução temporária da força, aumento da tensão passiva e dos níveis sanguíneos de proteínas intramusculares (creatina cinase, mioglobina, lactato desidrogenase), inchaço e dor muscular. Diversas metodologias têm sido aplicadas para prevenção e minimização dos efeitos deste tipo de dano. O pesquisador propõe neste projeto avaliar a utilização da técnica da estimulação transcraniana por corrente contínua como meio de reparar lesões musculares causadas por exercício de contração exoêntrica de moderada intensidade, isto é, dores musculares pós exercício para hipertrofia muscular. Para isso o pesquisador arrolará 45 indivíduos da comunidade que faz uso de programas sociais do IFRN-PB, dividindo-os em três grupos. No grupo 1, controle, os indivíduos serão ligados ao aparelho antes e depois do exercício, mas não haverá corrente aplicada; no grupo 2 a corrente será aplicada antes, e uma falsa aplicação após o exercício e no grupo 3, falsa aplicação antes, e aplicação da corrente após o exercício. Parâmetros como níveis de creatinina cinase, dor e outros serão avaliados e comparados entre os grupos.

Endereço: Av. Senador Salgado Filho, 3000
Bairro: Lagoa Nova CEP: 59.078-970
UF: RN Município: NATAL
Telefone: (84)3215-3135 Fax: (84)3215-3135 E-mail: cepufm@reitoria.ufrn.br

Continuação do Parecer: 332.259

Objetivo da Pesquisa:

O presente protocolo de pesquisa visa "Analisar, por meio de métodos indiretos, o efeito do uso da estimulação transcraniana por corrente contínua sobre os parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício resistido".

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos decorrentes da metodologia poderiam ser mínimos, se a pesquisa consistisse simplesmente da aplicação da técnica de estimulação transcraniana por corrente contínua em indivíduos com lesões musculares. Porém, o pesquisador pretende no seu protocolo de pesquisa induzir o dano muscular nos participantes, o que é eticamente problemático. Com relação aos benefícios, o proponente afirma que estes serão indiretos. Se a técnica se mostrar eficaz, entretanto, o benefício passaria a ser direto para os participantes que fizessem parte do grupo experimental.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente projeto de pesquisa apresenta algumas características peculiares: 1) trata-se de uma pesquisa que visa uma intervenção clínica, mas em lugar de testar em participantes já acometidos, pretende causar dano muscular em pacientes saudáveis, para então testar o tratamento; 2) é um trabalho de mestrado que, segundo consta no currículo Lattes do proponente, foi iniciado em 2011. Em 2013 já deveria ter sido encerrado; 3) em pareceres anteriores foi levantada uma questão sobre a fundamentação teórica da utilização da estimulação transcraniana por corrente contínua. O pesquisador respondeu a essa questão apresentando um texto contendo basicamente uma casuística da utilização da técnica, mas que pode ser aceitável.

No entanto, a falta de consenso para o Comitê chegar a uma decisão sobre a ética do estudo proposto levou este colegiado a usar o que lhe confere o item VII.5: "[...] contar com um consultor 'ad hoc' [...]", um "expert" na área.

Abaixo, transcrevemos na íntegra o parecer do consultor "ad hoc":

A explanação para os voluntários acerca do protocolo ao qual eles serão expostos apresenta alguns equívocos. No Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE, ao abordar as sessões experimentais de exercício (três séries com cargas de 60%, 70% e 80% de 1RM) como meio para

Endereço:	Av. Senador Salgado Filho, 3000		
Bairro:	Lagoa Nova	CEP:	59.078-970
UF:	RN	Município:	NATAL
Telefone:	(84)3215-3135	Fax:	(84)3215-3135
		E-mail:	cepufm@reitoria.ufrn.br

Página 02 de 06

Continuação do Parecer: 332.259

"provocar dano muscular induzido pelo exercício" o pesquisador deixa confuso para os leitores que podem interpretar erroneamente que o protocolo poderá gerar um dano a integridade da sua saúde. Além disso, as explicações acerca das consequências relacionadas protocolo experimental são superestimadas, haja visto que tais manifestações dependem de vários fatores, incluindo o nível de condicionamento, adaptabilidade, entre outras. Desta forma, é sugerido que os autores revejam a forma de apresentação das consequências provenientes do protocolo experimental utilizado, e deixem claro que tais eventos são "possíveis", e não factuais (não necessariamente os participantes ao realizarem o protocolo proposto, manifestarão por exemplo restrição das atividades diárias). Além disso, é demasiada a especulação de que este protocolo venha a promover "dor crônica", o que eventualmente ocorre é a manifestação da dor muscular de início tardio, evento fisiológico que é consequência da prática de exercício físico que promove fadiga muscular, redução na capacidade de gerar força muscular, e por fim, pode gerar desconfortos durante a realização de algumas atividades da vida diária.

É necessário especificar as áreas que serão aplicadas a estimulação transcraniana por corrente contínua, e principalmente a fundamentação teórica que justifique a tal aplicação.

Outro ponto essencial que deve ser reformulado no projeto é a apresentação de fundamentação teórica razoável da relação entre a estimulação transcraniana por corrente contínua e os efeitos bioquímicos na musculatura de membros inferiores que justifique o desenvolvimento do presente projeto. O atendimento desta solicitação se faz necessário haja vista na resolução 198/96 do Conselho Regional de Saúde apresenta no item III. 3 - Aspectos éticos da pesquisa envolvendo seres humanos - A pesquisa em qualquer área do conhecimento, envolvendo seres humanos deverá observar as seguintes exigências:

- a) ser adequada aos princípios científicos que a justifiquem e com possibilidades concretas de responder a incertezas;
- b) estar fundamentada na experimentação prévia realizada em laboratórios, animais ou em outros fatos científicos;
- c) ser realizada somente quando o conhecimento que se pretende obter não possa ser obtido por outro meio.

Endereço: Av. Senador Salgado Filho, 3000
Bairro: Lagoa Nova CEP: 59.078-970
UF: RN Município: NATAL
Telefone: (84)3215-3135 Fax: (84)3215-3135 E-mail: cepufm@reitoria.ufrn.br

Página 03 de 06

Continuação do Parecer: 332.259

Desta forma, para que exista uma legitimidade ética na execução do presente projeto é essencial a apresentação de fundamentação teórica acima requisitada. Atualmente o projeto apresenta isoladamente os argumentos abordados. Na introdução é relatado sobre o que é o dano muscular induzido pelo exercício (DMIE) e suas consequências, e posteriormente o que é a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) e sua aplicação na melhora do desempenho esportivo, pela modulação neuromuscular. Contudo, o único estudo utilizado para justificar este argumento, verificou apenas melhoras no desempenho neuromuscular advindos dos efeito da ETCC no aumento dos impulsos de disparos para contração muscular pelo córtex motor, redução da percepção de dor e fadiga, sem nenhuma relação com alterações bioquímicas associadas a DMIE. Portanto, os autores do presente projeto, não estabelecem uma relação entre os fatores a serem analisados no projeto e não apresentam fundamentação teórica que inter-relacione e embase a aplicação da ETCC na modulação bioquímica relacionada a DMIE. Como citado anteriormente, tal situação infringe a resolução 198/98, justificando o parecer não favorável de aprovação do projeto em seu formato atual.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados adequadamente os seguintes termos: carta de apresentação, carta de anuência da instituição proponente (IFPB - Campus Souza), folha de rosto, formulário CEP, declaração de não início da pesquisa, projeto de pesquisa na Plataforma Brasil, projeto de pesquisa completo, instrumento de avaliação e TCLE.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após a revisão ética das respostas às pendências levantadas no parecer anterior, concluímos que as mesmas foram reparadas adequadamente.

Essa adequação situa o protocolo em questão dentro dos preceitos básicos da ética nas pesquisas que envolvem o ser humano.

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Av. Senador Salgado Filho, 3000
Bairro: Lagoa Nova CEP: 59.078-970
UF: RN Município: NATAL
Telefone: (84)3215-3135 Fax: (84)3215-3135 E-mail: cepufm@reitoria.ufm.br

Continuação do Parecer: 332.259

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Em conformidade com a Resolução 466/12 - do Conselho Nacional de Saúde - CNS e Manual Operacional para Comitês de Ética - CONEP é da responsabilidade do pesquisador responsável:

1. elaborar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE em duas vias, rubricadas em todas as suas páginas e assinadas, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa, ou por seu representante legal, assim como pelo pesquisador responsável, ou pela (s) pessoa (s) por ele delegada(s), devendo as páginas de assinatura estar na mesma folha (Res. 466/12 - CNS, item IV.5d);
2. desenvolver o projeto conforme o delineado (Res. 466/12 - CNS, item XI.2c);
3. apresentar ao CEP eventuais emendas ou extensões com justificativa (Manual Operacional para Comitês de Ética - CONEP, Brasília - 2007, p. 41);
4. descontinuar o estudo somente após análise e manifestação, por parte do Sistema CEP/CONEP/CNS/MS que o aprovou, das razões dessa descontinuidade, a não ser em casos de justificada urgência em benefício de seus participantes (Res. 446/12 - CNS, item III.2u) ;
5. elaborar e apresentar os relatórios parciais e finais (Res. 446/12 - CNS, item XI.2d);
6. manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa (Res. 446/12 - CNS, item XI.2f);
7. encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto (Res. 446/12 - CNS, item XI.2g) e,
8. justificar fundamentadamente, perante o CEP ou a CONEP, interrupção do projeto ou não publicação dos resultados (Res. 446/12 - CNS, item XI.2h).

Endereço: Av. Senador Salgado Filho, 3000
Bairro: Lagoa Nova CEP: 59.078-970
UF: RN Município: NATAL
Telefona: (84)3215-3135 Fax: (84)3215-3135 E-mail: cepufn@reitoria.ufrn.br

Continuação do Parecer: 332.259

NATAL, 12 de Julho de 2013

Assinador por:
Dulce Almeida
(Coordenador)

Endereço: Av. Senador Salgado Filho, 3000
Bairro: Lagoa Nova CEP: 59.078-970
UF: RN Município: NATAL
Telefone: (84)3215-3135 Fax: (84)3215-3135 E-mail: cepufm@reitoria.ufm.br

Página 05 de 06



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Esclarecimentos

Este é um convite para você participar da pesquisa: A influência da estimulação transcraniana por corrente contínua nos parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício (DMIE), que tem como pesquisador responsável o professor Richardson Correia Marinho.

Esta pesquisa pretende analisar, por meio de métodos indiretos, a influência do uso da estimulação transcraniana por corrente contínua sobre os parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício resistido.

O motivo que nos leva a fazer este estudo é na tentativa de disponibilizar um mecanismo eficaz que amenize os efeitos nocivos do DMIE nas capacidades neuromusculares de atletas e não atletas, bem como, sua eventual utilização em estados de comprometimento físico ocasionado por enfermidades e pela ação degenerativa da idade.

A estimulação transcraniana por corrente contínua consiste em um procedimento que utiliza pequenas descargas elétricas, sem riscos a integridade física e psíquica do avaliado, diretamente sobre regiões da cabeça, por meio de mecanismos específicos para este fim. Por se tratar de correntes de baixa voltagem, o sujeito terá durante os primeiros 30 segundos de estimulação uma pequena sensação de formigamento e coceira na região onde estarão localizados os eletrodos. Um segundo procedimento que o interessado em participar desta pesquisa irá ser submetido é o processo de dano muscular induzido pelo exercício, que consistirá de um treino de musculação para o movimento de extensão e flexão da articulação do joelho em uma máquina específica para a ação do músculo quadríceps femoral (musculatura anterior da coxa), composto por três séries com carga de 60%, 70% e 80% de 1 RM (intensidade para cada série, respectivamente), o número de repetições em cada série será a quantidade máxima alcançada por você de forma auto percebida (número de repetições que você considera ser o seu máximo). O exercício será suspenso quando o pesquisador responsável observa que o movimento de extensão e flexão do joelho não está sendo executado corretamente. O processo de dano muscular ocasionado pelo exercício intenso poderá induzir, durante o período de recuperação, a um eventual estado de comprometimento da capacidade de gerar força pela musculatura lesada, seguida de dor muscular (dor muscular de início tardio) e fadiga muscular. Este processo está mais susceptível a sujeitos com baixo nível de aptidão física e pequena experiência com exercícios resistidos e são eventos fisiológicos naturais aos praticantes de atividades físicas intensas que podem gerar desconfortos no período de realização de algumas atividades cotidianas. Estes sintomas tendem a desaparecer progressivamente em um período médio de 7 dias.

Caso você decida participar, será submetido, além dos procedimentos acima descritos, de toda uma metodologia de coleta de dados que constará de: avaliação inicial, aquecimento muscular e teste para quantificar a sua capacidade máxima de força para uma repetição do exercício de flexão e extensão do joelho (teste de 1RM); preenchimento de questionário com dados pessoais e antropométricos (pressão arterial, altura, peso, medidas de circunferência, composição corporal); 4 coletas sanguíneas por meio de punção venosa durante uma semana (período da pesquisa) distribuídos da seguinte forma: antes do dano muscular e no intervalo de 24, 48 e 72 horas após a aplicação do protocolo de dano muscular (estas coletas serão realizadas por profissional qualificado no ambulatório do IFPB-Campus Sousa, seguindo os procedimentos de higiene e segurança a sua saúde – este procedimento poderá oferecer raras complicações como desmaio, dor na hora da coleta, formação de hematomas, alergias ou contaminações), após a análise em laboratório o material será descartado seguindo os procedimentos legais; avaliação do torque e força muscular por meio de equipamento específico para a análise da capacidade muscular através de um dinamômetro (equipamento que consiste de uma máquina de extensão do joelho – equipamento de musculação – com conexão a um mecanismo para avaliação da força imposta – célula de carga); e avaliação da dor por meio de escalas de julgamento pessoal.

Você poderá fazer parte de um grupo controle, no qual será submetido a um procedimento que induzirá a você pensar que estar recebendo a estimulação transcraniana, mas a estimulação será fictícia.

Sua participação nesta pesquisa não acarretará benefício direto a você, mas favorecerá na ampliação dos conhecimentos científicos na área da saúde.

Durante todo o período do estudo você terá suporte de uma equipe multidisciplinar de saúde composta por médico, enfermeiro, psicólogo, nutricionista, fisioterapeuta, educador físico e assistente social, com o objetivo de auxiliá-lo em eventuais emergências ou por solicitação sua.

Em caso de algum problema que possa ter, relacionado com a pesquisa, você terá direito a assistência gratuita que será prestada em instituições hospitalares especializadas, sendo o custeio de inteira responsabilidade do coordenador da pesquisa.

Você poderá tirar suas dúvidas ligando para o professor Richardson Correia Marinheiro, através dos números: (83) 9131-8586/9964-4147 e 3522-2727/3556-1222.

Sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento você pode recusar-se a responder qualquer pergunta ou desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com as Instituições de Ensino participantes.

Os dados que você irá nos fornecer serão confidenciais e sendo divulgados apenas em congressos ou publicações científicas, não havendo divulgação de nenhum dado que possa lhe identificar.

Esses dados serão guardados pelo pesquisador responsável em local seguro e por um período de 5 anos.

Se você tiver algum gasto pela sua participação nessa pesquisa, ele será assumido pelo pesquisador e reembolsado.

Se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, será indenizado.

Qualquer dúvida sobre a ética desse estudo você deverá ligar para o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, telefone (84) 3215-3135.

Este documento foi impresso em duas vias. Uma ficará com você e a outra com o pesquisador responsável Professor Richardson Correia Marinheiro.

Consentimento Livre e Esclarecido

Após ter sido esclarecido sobre os objetivos, importância e o modo como os dados serão coletados nessa pesquisa, além de conhecer os riscos, desconfortos e benefícios que ela trará para ciência e ter ficado ciente de todos os meus direitos, eu _____, abaixo assinado, concordo em participar da pesquisa "A influência da estimulação transcraniana por corrente contínua nos parâmetros de dano muscular induzido pelo exercício", e autorizo a divulgação das informações por mim fornecidas em congressos e/ou publicações científicas desde que nenhum dado possa me identificar.

Sousa, _____ de 2013.



Impressão
datiloscópica do
participante

Richardson Correia Marinheiro
(Coordenador da Pesquisa)

Participante da Pesquisa

DATA/NOME DA AVALIAÇÃO:

FICHA DE AVALIAÇÃO

Nº DE REGISTRO

DADOS PESSOAIS

NOME:

AVALIAÇÃO

Você, alguma vez já realizou participou de um programa de treinamento resistido (musculação)?
() sim () não

ANTROPOMETRIA		Subscapular				OBS:							
		Tricipital											
		Peitoral											
		Axilar-média											
		Abdominal											
		Supra ilíaca											
		Coxa											
TESTES	CVM		T0	T1 (24h)	T2 (48h)	T3 (72h)	T4 (96h)						
	DMIT			T1 (24h)	T2 (48h)	T3 (72h)	T4 (96h)						
	1 RM (1º dia)	ΔQUECIMENTO	7-10 ± 10% FC	PSE	1ª TENTATIVA	PSE	2ª TENTATIVA	PSE	2ª TENTATIVA	PSE			
	1 RM (2º dia/48h)	ΔQUECIMENTO	7-10 ± 10% FC	PSE	1ª TENTATIVA	PSE	2ª TENTATIVA	PSE	2ª TENTATIVA	PSE			
	1 RM (3º dia/48h)	ΔQUECIMENTO	7-10 ± 10% FC	PSE	1ª TENTATIVA	PSE	2ª TENTATIVA	PSE	2ª TENTATIVA	PSE			
	1 RM (4º dia/72h)	ΔQUECIMENTO	7-10 ± 10% FC	PSE	1ª TENTATIVA	PSE	2ª TENTATIVA	PSE	2ª TENTATIVA	PSE			
Sousa, _____ de 2013.					Assinatura e Carimbo do Avaliador								
_____ Avaliado													

DATA/HRA DA AVALIAÇÃO

FICHA DE AVALIAÇÃO

Nº DE REGISTRO

DADOS PESSOAIS

NOME:		DATA DE NASCIMENTO:	
ENDEREÇO:		CIDADE/UF:	
Sexo:	Altura:	Idade/ano/mês:	P.A.:
TELEFONE:			

AVALIAÇÃO DO ESTADO DE SAÚDE

NIA Check list	Surgiu algum novo sintoma que seu médico ainda não sabia, ou há alguma condição pela qual você não esteja liberado para realizar esforços físicos?			
	1. () Dor no peito 2. () Batimentos cardíacos irregulares e rápidos ou palpitações 3. () Dificuldade na respiração 4. () Grande perda de peso sem motivo conhecido 5. () Infecção acompanhada de febre 6. () Febre com desidratação e batimentos cardíacos acelerados 7. () Dor na perna	8. () Hemia abdominal incomodando 9. () Lesões nos pés ou tornozelos que não saíram 10. () Juntas inchadas 11. () Queda recente deixando dificuldade para caminhar e dor persistente 12. () Problemas na visão ou no globo ocular 13. () Alguma cirurgia recente		
ESTADO DE SAÚDE	<input type="checkbox"/> Obesidade <input type="checkbox"/> Doença cardiovascular Qual? _____ <input type="checkbox"/> Diabetes Mellitus tipo I <input type="checkbox"/> Diabetes Mellitus tipo II	<input type="checkbox"/> Hipertensão Arterial <input type="checkbox"/> Osteoartrite <input type="checkbox"/> Osteoporose <input type="checkbox"/> Asma <input type="checkbox"/> DPOC	<input type="checkbox"/> Alergia Qual? _____ <input type="checkbox"/> Rinite <input type="checkbox"/> Sinusite <input type="checkbox"/> Fibromialgia	<input type="checkbox"/> Lombalgia <input type="checkbox"/> Círculo Qual? _____ <input type="checkbox"/> Outros Qual? _____

Há algum tipo de disfunção osteomuscular que dificulte ou impossibilite a execução do exercício de flexão e extensão da articulação do joelho, disfunção esta diagnosticada por exame clínico ou existe algum tipo de sintoma ou desconforto osteomuscular na articulação do joelho? descrição:

Você pratica ou praticou algum tipo de atividade física (musculação) durante os últimos 6 meses?

Qual atividade física?	Duração:	Frequência:
------------------------	----------	-------------

Está utilizando algum tipo de medicamento de ação anti-inflamatória, relaxante muscular ou qualquer outro tipo de medicamento?

Qual medicamento?	Posologia:	Finalidade:
-------------------	------------	-------------

Estamos realizando várias pesquisas científicas com seres humanos. Caso você seja convidado, aceitaria participar das atividades experimentais, a qual envolva a prática regular de atividades físicas (academia) durante os seguintes períodos: 05:30 às 06:30h, 10:45 às 11:45h e 14:45 às 18:30h, na maioria dos dias da semana, por período mínimo de 3 meses?

() sim () não () talvez, por que?

Sousa, _____ de 2013

Assinatura e Carimbo do Avaliador

_____ Avaliado



DATA/LOCAL DA AVALIAÇÃO:

FICHA DE AVALIAÇÃO

Nº DE REGISTRO

DADOS PESSOAIS

Nome:

COLETAS

Coleta Sanguínea	T0	T1 (24h)	T2 (48h)	T3 (72h)	T4 (96h)
	Torque/Força	T0	T1 (24h)	T2 (48h)	T3 (72h)
DMIT		T1 (24h)	T2 (48h)	T3 (72h)	T4 (96h)
ETCC	T0	T1 (24h)	T2 (48h)	T3 (72h)	T4 (96h)

PROTÓCOLO DE TREINAMENTO	Extensão/flexão priorizar a fase excêntrica	70% 1RM	80% 1RM	90% 1RM	100% 1RM	110% 1RM
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
		REPETIÇÕES	REPETIÇÕES	REPETIÇÕES	REPETIÇÕES	REPETIÇÕES

ESCALA VISUAL ANALÓGICA (EVA) – DMIT	T0
	T1
	T2
	T3
	T4

Sousa, _____ de 2013.

Assinatura e Carimbo do Avaliador

Avaliado

SOBRE OS AUTORES

RICHARDSON CORREIA MARINHEIRO - Possui graduação em Licenciatura Plena em Educação Física pela Universidade Estadual da Paraíba (2005), Especialização em Atividade Física Adaptada e Saúde pela Universidade Gama Filho (2008) e Mestrado em Educação Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2013). Exerce a função em caráter efetivo de Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Avançado de Areia/Reitoria, de Coordenador Geral do Plano Nacional de Formação de Professores para a Educação Básica - PARFOR e atualmente está à frente da Coordenação dos Cursos de Licenciatura do IFPB. Responsável pela criação do curso de Licenciatura em Educação Física do IFPB, exercendo a função de coordenador entre os anos de 2012 e 2016. Tem experiência na formação de professores para a educação básica e supervisão pedagógica, atuando nas áreas específicas de Educação e Saúde com ênfase em Educação Física Escolar e Atividade Física para Grupos Especiais e ministra as disciplinas: Fundamentos Acadêmicos e Profissionais da Educação Física no curso superior de licenciatura em educação física do IFPB - Campus Sousa.

JÔNATAS DE FRANÇA BARROS - Professor Titular no Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Pós-doutorado em Tecnologias Educacionais Interativas em Saúde pelo Programa de Pós-graduação em Enfermagem da Universidade de Brasília, Pós-doutorado em Educação Inclusiva e Reabilitação pela Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa – Portugal, Doutor em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Reabilitação da Universidade Federal de São Paulo- Bolsista CAPES/MEC, Mestre em Educação Física pelo Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Maria- Bolsista CAPES/MEC, Especialista em Handebol Escolar pela Escola Superior de Educação Física do Pará, Licenciado Pleno em Educação Física pela Faculdade Dom Bosco de Educação Física – Brasília, Licenciatura em Pedagogia pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Boa Esperança/MG.

FRANCISCO HOLANDA CAVALCANTE NETO - Bacharel em Educação Física - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2012); Licenciatura em Educação Física - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2016); Especialista em Exercício Físico Aplicado a Grupos Especiais - Universidade Potiguar (2014); Mestre em Educação Física - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2016); Membro do Grupo de Pesquisa em Atividade Física e Exercício Físico em Populações Especiais - GEPAEF - UFRN; Professor pesquisador da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

JITONE LEÔNIDAS SOARES - Doutorando em Ciências da Saúde (UnB), Mestre (UnB), Licenciado em Educação Física pela Universidade de Brasília (UnB), Especialista em Planejamento, Implementação e Gestão de Educação a Distância pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Especialista em Inovação em Mídias Interativas pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Especialista em Gestão Pública pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Especialista em Educação Aberta e Digital pela Universidade Aberta de Portugal (UAberta) e Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Professor orientador e Membro do Comitê Gestor do curso de Especialização em Saúde da Família da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília. Professor do Magistério Superior no Centro

de Estudos Avançados Multidisciplinares - CEAM, no Núcleo de Estudos em Educação e Promoção da Saúde da Universidade de Brasília. Tem interesse por: Anatomia Humana, Neuroanatomia, Neurofisiologia, DCNT - Doenças Crônicas Não Transmissíveis, Educação a Distância, Ensino Remoto, E-learning, MHealth, Aplicativos para educação, Inteligência Artificial, Chatbot, Bigdata, Educação Física, Exercícios Físicos, Lazer, Qualidade de Vida, AVC/AVE - Acidente Vascular Encefálico

LUIZ FELIPE FERREIRA BARROS - Graduando em Educação Física Licenciatura pelo Centro Universitário UniEuro, Brasília/DF. Estudante na linha de pesquisa Trabalho-Educação, Juventude (s) e Tecnologias da Informação e Comunicação do Grupo de Pesquisa Núcleo de Estudos em Educação e Promoção a Saúde do Centro de Estudos Avançados e Multidisciplinares da Universidade de Brasília.

HUDDAY MENDES DA SILVA - Licenciado em Educação Física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Campus Juazeiro do Norte. Mestre em Educação Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, RN. Possui experiência na área de Educação Física, com ênfase em avaliação e prescrição de exercício físico para grupos especiais. Professor Assistente do Curso de Educação Física da Universidade Regional do Cariri - URCA. Líder do Núcleo de Pesquisa em Atividade Física, Esporte e Saúde - NUPAFES. Coordenador do Laboratório de Fisiologia do Exercício e Treinamento Esportivo - LABFET. Pró-Reitor Adjunto de Assuntos Estudantis da URCA.

MARYANA PRYSCILLA SILVA DE MORAIS - Graduada em Educação Física, Especialista em Psicomotricidade Clínica e Escolar e Gestão e Organização Esportiva, Mestra em Educação Física. Tem experiência na área de Educação Física, com ênfase em licenciatura, voluntária no projeto Psicomotricidade Relacional no CAPSI de Natal e voluntária no Núcleo de atendimento esportivo para pessoas com necessidades especiais, atuando principalmente nos seguintes temas: psicomotricidade relacional, saúde mental, idosos, caminhada na água, atividades físicas, sono e stress.

ANDRÉ RIBEIRO DA SILVA - Graduado em Educação Física e Pedagogia, Especialista em Atividade Física para Grupos Especiais e Gestão Pública, Mestrado e Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. Professor na Universidade de Brasília (Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Centro de Estudos Avançados e Multidisciplinares e Instituto de Psicologia). Professor no Instituto de Cardiologia do Distrito Federal (Pós-Graduação em Enfermagem em Cardiologia e Hemodinâmica). Líder da linha de pesquisa Trabalho-Educação, Juventude (s) e Tecnologias da Informação e Comunicação do Grupo de Pesquisa Núcleo de Estudos em Educação e Promoção a Saúde do Centro de Estudos Avançados e Multidisciplinares da Universidade de Brasília. Membro do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Ciências Humanas e Sociais da Universidade de Brasília. Tem experiência, produção científica e orientação em educação física, saúde coletiva, ensino, educação e estudos sociais.

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

NEUROESTIMULAÇÃO NOS PARÂMETROS

associados ao dano muscular
induzido pelo exercício físico

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

NEUROESTIMULAÇÃO NOS PARÂMETROS

associados ao dano muscular
induzido pelo exercício físico

 Atena
Editora

Ano 2021