



Universidade Salgado de Oliveira  
Programa de Mestrado em Ciências da Atividade Física

MAICON TEIXEIRA DE ALMEIDA

**EFEITOS AGUDOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE  
CONTÍNUA NO DESEMPENHO FÍSICO E NAS CARGAS INTERNAS E  
EXTERNAS DURANTE UMA SESSÃO DE HIGH INTENSITY FUNCTIONAL  
TRAINING**

Niterói

2022

MAICON TEIXEIRA DE ALMEIDA

**EFEITOS AGUDOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE  
CONTÍNUA NO DESEMPENHO FÍSICO E NAS CARGAS INTERNAS E  
EXTERNAS DURANTE UMA SESSÃO DE HIGH INTENSITY FUNCTIONAL  
TRAINING**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ciências da Atividade Física, da Universidade Salgado de Oliveira, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Atividade Física.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Rodrigues Marques Neto.

Niterói,

2022

### CIP - Catalogação na Publicação

A447 Almeida, Maicon Teixeira de.  
Efeitos agudos da estimulação transcraniana por corrente contínua no desempenho físico e nas cargas internas e externas durante uma sessão de *high intensity functional training*. / Maicon Teixeira de Almeida. -- Niterói, RJ, 2022.  
xi, 12-50p. il., color, tabs.  
Numeração da publicação: [i] – xi, 12-50p].  
Referência(s): P. 36-45.  
Anexo(s): P. 46-50.

Orientador: PhD. Silvio Rodrigues Marques Neto.  
Dissertação (Mestrado em Ciências da Atividade Física) – Universidade Salgado de Oliveira, 2022.

1. Atividade física - Pesquisa. 2. High intensity functional training - HIFT.  
3. Estimulação transcraniana por corrente contínua – ETCC. I. TÍTULO.

CDD 613.7

**MAICON TEIXEIRA DE ALMEIDA**

**“EFEITOS AGUDOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR  
CORRENTE CONTÍNUA NO DESEMPENHO FÍSICO E NAS CARGAS  
INTERNAS E EXTERNAS DURANTE UMA SESSÃO DE HIGH INTENSITY  
FUNCTIONAL TRAINING.”**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física da Universidade Salgado de Oliveira, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências da Atividade Física, aprovada no dia 25 de novembro de 2022 pela banca examinadora, composta pelos professores:



---

**Prof. Dr. Silvio Rodrigues Marques Neto**

Professor do PPG em Ciências da Atividade Física da Universidade Salgado de Oliveira  
(UNIVERSO)



---

**Prof. Dr. Sergio Eduardo de Carvalho Machado**

Professor da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)



---

**Prof. Dr. Thiago Teixeira Guimarães**

Professor do PPG em Ciências da Atividade Física da Universidade Salgado de Oliveira  
(UNIVERSO)

## LISTA DE ABREVIATURAS

WOD – Workout of the day

ETCC – Estimulação Transcraniana Por Corrente Contínua

ETCC-a – Estimulação Transcraniana Por Corrente Contínua Anódica

ETCC-c - Estimulação Transcraniana Por Corrente Contínua Catódica

CPF – Córtex Pré-Frontal

PSE – Percepção Subjetiva de Esforço

FC – Frequência Cardíaca

VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca

CM – Córtex Motor

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

VO<sub>2</sub>máx – Teste do consumo máximo de oxigênio

CPFDL – Córtex Pré-Frontal Dorsolateral

CSO – Córtex Supraorbital

mA – Miliamperes

TRIMP – Training impulse

CT – Carga de Treinamento

IF– Índice de Fadiga

EVA – Escala Visual Analógica

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Procedimentos experimentais da pesquisa .....	21
FIGURA 2 - Descrição da sessão de HIFT (Tibana <i>test</i> ).....	23
FIGURA 3 - Representação gráfica para AMRAPS, PSE, EVA e LOAD para os grupos ETCC-a, controle e placebo .....	27
FIGURA 4 - Representação gráfica para Lactato, FC máxima, FC média e TRIMP para os grupos ETCC-a, controle e placebo.....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos atletas.....	26
--	----

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	46
ANEXO II - PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO.....	48
ANEXO III – ESCALA VISUAL ANALÓGICA .....	49
ANEXO IV- PARQ .....	50



## RESUMO

O High Intensity Functional Training é um programa de treinamento de alta intensidade que utiliza movimentos funcionais constantemente variados com movimentos multiarticulares e movendo altas cargas em longas distâncias rapidamente, a sua prática promove amplas adaptações fisiológicas capazes de aperfeiçoar todas as capacidades físicas. A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) consiste em uma técnica de neuromodulação capaz de induzir mudanças na excitabilidade cortical por até uma hora após o final da estimulação, a ETCC tem demonstrado evidências a favor do aumento da potência anaeróbia, resistência muscular e diminuição da PSE (percepção subjetiva de esforço). O objetivo desta pesquisa foi investigar o efeito agudo da ETCC sobre o desempenho físico e cargas externas e internas durante uma sessão de HIFT. Participaram do estudo 8 praticantes de HIFT com pelo menos 1 ano de prática, que foram submetidos a três visitas para a realização do protocolo experimental. Os participantes executaram uma sessão de treino sem receber nenhum tipo de estimulação para a condição controle, após isso foram distribuídos de forma randomizada e realizaram duas condições experimentais, ETCC anódica (ETCC-a) e placebo (sham), com intervalo de 72 horas entre cada condição. A ETCC foi aplicada por 20 minutos com 2mA de intensidade, imediatamente após o período de estimulação, foi concedido 10 minutos de repouso. Após isso, os participantes realizaram uma sessão de HIFT. Foram aplicadas as escalas de percepção subjetiva de esforço (PSE) e escala visual analógica para dor (EVA), além disso, foram avaliadas as variáveis fisiológicas (FC, TRIMP, Lactato e FC) e índice de fadiga durante a sessão de HIFT (WOD). Em relação ao número de repetições, foi observada uma superioridade do grupo de ETCC-a em comparação ao controle e placebo ( $237.1 \pm 30.87$  vs  $219.4 \pm 26.34$  vs  $221.1 \pm 31.51$ ). Também foi encontrada uma menor PSE na condição ETCC-a em comparação ao grupo controle e placebo ( $7.938 \pm 0.9978$  vs  $8.719 \pm 0.7126$  vs  $8.313 \pm 0.4381$ ). Além disso, a condição ETCC-a apresentou melhores resultados no LOAD, TRIMP e FC, enquanto as demais variáveis (EVA, IF e Lactato) não apresentaram diferenças significativas. A partir dos resultados do presente estudo, concluímos que a ETCC-a promoveu melhor desempenho numa sessão de HIFT, se mostrando um promissor recurso ergogênico com baixo custo e que se usado corretamente, não promove efeitos colaterais graves.

Palavras-chave: ETCC; High Intensity Functional training (HIFT); Desempenho.

## ABSTRACT

High Intensity Functional Training is a high intensity training program that uses constantly varied functional movements with multi-joint movements and moving high loads over long distances quickly, its practice promotes broad physiological adaptations capable of perfecting all physical capacities. Transcranial direct current stimulation (tDCS) consists of a neuromodulation technique capable of inducing changes in cortical excitability for up to one hour after the end of stimulation. PSE (Subjective Perceived Exertion). **Aim:** The aim of this research was to investigate the acute effect of tDCS on physical performance and external and internal loads during a HIFT session. **Methods:** 8 HIFT practitioners with at least 1 year of practice, underwent three visits to carry out the experimental protocol. Participants performed a training session without receiving any type of stimulation for the control condition, after which they were randomly distributed and performed two experimental conditions, anodic tDCS (a-ETCC) and placebo (sham), with an interval of 72 hours between each condition. The tDCS was applied for 20 minutes with 2mA intensity, immediately after the stimulation period, 10 minutes of rest was granted. After that, participants performed a HIFT (WOD) session. The scales of subjective perception of exertion (RPE) and visual analogue scale for pain (VAS) were applied, in addition, the physiological variables (HR, TRIMP and Lactate) and fatigue index during the HIFT session (WOD) will be evaluated. **Results:** compared to the control and placebo ( $237.1 \pm 30.87$  vs  $219.4 \pm 26.34$  vs  $221.1 \pm 31.51$ ). A lower RPE was also found in the a-tDCS condition compared to the control and placebo group ( $7.938 \pm 0.9978$  vs  $8.719 \pm 0.7126$  vs  $8.313 \pm 0.4381$ ). In addition, the a-tDCS condition showed better results in LOAD, TRIMP and HR, while the other variables (VAS, IF and Lactate) did not show significant differences. **Conclusion:** . From the results of the present study, we conclude that a-tDCS promoted better performance in a HIFT session, proving to be a promising ergogenic resource with low cost and that, if used correctly, does not promote serious side effects.

**Keywords:** TDCS; High Intensity Functional training (HIFT); Performance.

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVO</b>	<b>17</b>
2.1. Objetivo Geral	17
2.2. Objetivos específicos	17
<b>3. HIPÓTESE</b>	<b>18</b>
<b>4. RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA</b>	<b>18</b>
<b>5. MÉTODOS</b>	<b>19</b>
5.1. Participantes	20
5.2. Desenho do estudo	20
5.3. Procedimentos experimentais	21
5.3.1. Antropometria	21
5.3.2. Estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC)	21
5.3.3. Desempenho	22
5.3.4. Lactato	22
5.3.5. Sessão de HIFT (WOD)	23
5.4. Carga de treinamento	23
5.4.1. Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)	23
5.4.2. LOAD	24
5.4.3. “Training Impulse” (TRIMP)	24
5.4.4. Escala visual analógica (EVA)	24
5.4.5. Índice de fadiga (IF)	25
5.5. Análise estatística	25
<b>6.1 AMRAPS</b>	<b>26</b>
<b>6.2 PSE</b>	<b>26</b>
<b>6.3 EVA</b>	<b>27</b>
<b>6.4 LOAD</b>	<b>27</b>
<b>6.5 Lactato</b>	<b>28</b>
<b>6.6 FC máxima</b>	<b>28</b>
<b>6.7 FC média</b>	<b>29</b>

<b>6.8 TRIMP</b>	<b>29</b>
<b>7. DISCUSSÃO</b>	<b>30</b>
<b>8. CONCLUSÃO</b>	<b>35</b>
<b>9. REFERÊNCIAS</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Aspectos históricos e caracterização do High intensity functional training (HIFT).

O HIFT (High intensity functional training) consiste em uma variedade de movimentos funcionais, constantemente variados e realizados em alta intensidade, que envolvem a realização de exercícios com pesos como os agachamentos, levantamento terra, arranco (*snatch*), arremesso (*clean and jerk*) e supino, exercícios cíclicos como remos, corrida e bicicleta, e movimentos ginásticos (FISKER *et al.*, 2017). A sessão de treino desses exercícios é realizada em formato de circuito, com tempo de recuperação limitado e elevado número de repetições (TIBANA; DE ALMEIDA, PRESTES, 2015) sendo denominada como “*Workout of Day*” (*WOD*). Dentro do *WOD*, o principal objetivo do atleta é sustentar a capacidade máxima de gerar potência aeróbia e muscular (SMITH *et al.*, 2013) em intensidades acima do limiar anaeróbio e com altas concentrações de lactato sanguíneo (MATE-MUNHOZ *et al.*, 2017). O HIFT pode ser adaptado para qualquer nível de condicionamento e promove um maior recrutamento muscular do que exercícios aeróbicos repetitivos, aprimorando a resistência muscular, resistência cardiovascular, força e flexibilidade (HEINRICH *et al.*, 2015).

Alguns estudos investigaram os efeitos de programas embasados em HIFT após várias semanas de treinamento e apresentaram melhorias significativas no consumo máximo de oxigênio (HEINRICH, *et al.*, 2012), redução de gordura corporal e melhorias no conteúdo mineral ósseo (FEITO *et al.*, 2018). Além disso, Fischer *et al.*, (2017) relatou em seu estudo níveis mais altos de prazer entre os praticantes de HIFT, em comparação a aqueles envolvidos em programas de treinamento resistido mais tradicionais. Uma das explicações é o maior senso de comunidade que a modalidade promove (BYCURA; FEITO; PRATHER, 2017), que facilita o início e adesão ao treinamento físico (HEINRICH *et al.*, 2017).

Por conta disso, a modalidade cresceu de apenas uma afilada em 2000 para 10.00 afiliados em meados de 2014 (BEERS, 2014) e em 2018 a CrossFit® (criadora do HIFT) foi classificada entre as maiores cadeias corporativas dos EUA

(HENDERSON, 2018). Outra possível explicação para o aumento da popularidade do HIFT pode estar relacionada à programação de exercícios e aspectos que são exclusivos da modalidade que parece acomodar tanto os indivíduos iniciantes quanto os avançados (BYCURA; FEITO; PRATHER, 2017). De fato, participantes iniciantes e experientes relatam que a cultura HIFT (por exemplo, aparência do box e objetivos em comum dos membros) e a natureza social das interações dos membros são fatores primários para a manutenção da sua continuidade (BAILEY; BROGAN; ALEX, 2019). Enquanto os treinos de HIFT parecem produzir maiores sentimentos de satisfação de necessidades básicas (DAVIES *et al.*, 2016), evidências mostram que praticantes regulares relatam maior afetividade e menor ansiedade imediatamente após uma sessão de exercício intenso (HALGREN; MOSS; GASTIN, 2010).

## 1.2 Aspectos competitivos do HIFT

Diversas competições de HIFT ocorrem ao longo do ano em nível local, regional, nacional e níveis internacionais (MANGINE *et al.*, 2020). Semelhante à estratégia de treinamento (FEITO *et al.*, 2018), cada competição envolve uma série de provas que exigem, de forma variável, alguma combinação dos elementos clássicos do HIFT (levantamento de peso, ginástica e exercícios cíclicos). A maior competição anual é conhecida como CrossFit Games™ e seus vencedores recebem o título de “Fittest on Earth™”(MEIER; RABEL; SCHMIDT, 2021), outra grande competição anual é o CrossFit® Open, que é uma classificatória online para o CrossFit Games™ e em 2018 contou com 428.157 competidores (PÁLINKAS *et al.*, 2018). Muitas sessões de HIFT são executadas em alta intensidade, resultando num aumento do stress oxidativo agudo, altas respostas metabólicas, inflamatórias e cardiovasculares, podendo levar ao desenvolvimento de sintomas de overtraining (TIBANA *et al.*, 2016). Uma forma de evitar esses sintomas é com um maior controle sobre a carga interna de treinamento (GRANDOU *et al.*, 2020).

## 1.3 Carga interna de treinamento

A quantificação da carga de treinamento interna permite que a dose de treinamento seja prescrita de forma que a fadiga, risco de lesão e doenças sejam minimizadas (GABBET, 2016). Dentre as diversas medidas da carga interna de treinamento, a percepção subjetiva de esforço (PSE), a frequência cardíaca (FC) e o

impulso de treinamento (TRIMP) são as mais utilizadas em diversas modalidades esportivas (IMPELLIZZERI; MARCORA; COUTTS, 2019). A PSE, desenvolvida pelo pesquisador sueco Gunnar Borg (BORG, 1982), é uma ferramenta para medir o esforço de um indivíduo durante uma atividade física. A percepção de esforço é exclusiva de cada indivíduo e pode ser usada como uma estimativa subjetiva da intensidade do trabalho realizado em uma variedade de populações (HALPERIN e EMANUEL, 2020). Neste contexto, a intensidade do trabalho é importante devido aos riscos de lesões e distúrbios musculoesqueléticos decorrentes de um descompasso entre a capacidade física e as demandas físicas do exercício (WILLIAMS, 2017).

O TRIMP é um método que mensura a carga de treinamento através da intensidade (calculada pelo método de reserva de frequência cardíaca) e a duração do exercício (medida em minutos) (RABBANI *et al.*, 2019). É uma forma de quantificar a carga de treinamento e o estresse posto em um atleta ao longo do treinamento (BANNISTER e CALVERT, 1980). Em seu estudo, Tibana *et al.*, (2018) investigou a carga de treino numa sessão de HIFT e encontrou forte correlação entre os resultados do TRIMP e PSE. Particularmente, a percepção subjetiva do esforço e a dor muscular também são considerados fatores importantes que determinam a tolerância ao exercício e a fadiga muscular (NOAKES, 2008; MARCORA e STAIANO, 2010; MAUGER, 2014). Como um fenômeno multifatorial, a tolerância ao exercício é determinada por vários mecanismos fisiológicos (por exemplo, cardiovasculares, respiratórios, metabólicos e neuromusculares) (PATTYN *et al.*, 2018) e fatores psicológicos (por exemplo, motivação externa, fadiga mental) (BROWN; MY; BRAY, 2019). Por conta da sua grande importância, identificar possíveis intervenções para melhorar a tolerância ao exercício tem sido objeto de diversas pesquisas, utilizando estratégias nutricionais (MA *et al.*, 2021), farmacológicas (MAUGER *et al.*, 2014) ou psicológicas (MCCORMICK *et al.*, 2015). Uma das formas de mensurar essa capacidade de tolerar ao exercício é o índice de fadiga (IF), que é usado para descrever o processo que calcula a diminuição no desempenho a partir do melhor para o pior desempenho durante uma atividade repetida (MATTHEW LAURENT *et al.*, 2007).

Um outro fator importante que dificulta a manutenção do esforço físico é a fadiga muscular (COOPER *et al.*, 2020), que é definida como qualquer redução induzida pelo exercício na força ou potência máxima produzida por um músculo ou

grupo muscular (THEOFILIDIS *et al.*, 2018). Essa fadiga tem um impacto negativo significativo no desempenho (MEEUSEN *et al.*, 2013) e tem sido relacionada a um risco de lesão aumentado devido à alteração biomecânica do movimento (WEISENTHALI *et al.*, 2014). Um dos biomarcadores utilizados para mensurar a fadiga muscular é o lactato, que apesar de não ser o causador da fadiga muscular (PINTO *et al.*, 2014), fornece uma estimativa do metabolismo anaeróbio láctico (THEOFILIDIS *et al.*, 2018).

#### 1.4 Recursos ergogênicos

Em inúmeras provas esportivas de alta intensidade é comum observarmos a utilização de recursos ergogênicos para melhoria do desempenho e redução da fadiga em atletas (MAUGHAN *et al.*, 2018). No contexto esportivo, um recurso ergogênico pode ser definido como uma técnica ou substância usada com o objetivo de melhorar o desempenho, elas podem ser classificadas como nutricionais, farmacológicas, fisiológicas ou psicológicas (THEIN; THEIN; LANDRY, 1995). Investigações anteriores sugerem que muitos atletas utilizam recursos ergogênicos com o objetivo de melhorar seu desempenho atlético, ganhos de força ou perda de peso (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016), sendo o uso maior entre atletas de elite e atletas mais velhos (THOMAS *et al.*, 2016). Apesar da crença entre atletas e treinadores de que esses produtos podem melhorar a performance, a maioria desses produtos não têm comprovação científica (OLIVEIRA e VIEIRA, 2019) ou não promovem melhorias significativas na performance (SOUZA; TEIXEIRA; GRAÇA, 2016), contudo no HIFT é escasso na literatura pesquisas que tenham investigado os efeitos de recursos ergogênicos para maximizar o desempenho desses atletas (ESCOBAR; MORALES; VANDUSSELDORP, 2016).

#### 1.5 ETCC

Nas últimas décadas, a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) nos campos clínico terapêutico e científico experimental (HUMMEL *et al.*, 2005). A ETCC consiste em uma técnica de neuromodulação capaz de induzir mudanças na excitabilidade cortical por até uma hora após o final da estimulação (NITSCHKE, PAULUS, 2000). A polaridade de corrente anódica (ETCC-a), onde os cátions são atraídos para o local estimulado, tem demonstrado induzir mudanças no potencial de repouso da membrana celular, favorecendo ao processo de



despolarização celular e conseqüentemente, aumentando a taxa de disparos neuronais espontâneos (NITSCHKE e PAULUS, 2000). Essa estimulação tem sido utilizada como recurso ergogênico para atividades que envolvam a força muscular e potência anaeróbia (LATTARI *et al.*, 2018). Os mecanismos por trás desse racional advém da pré-ativação do cérebro, também conhecida como efeito priming ou neuropriming (Machado *et al.*, 2021). O efeito priming ocorre quando um indivíduo é exposto a um determinado estímulo subconscientemente (i.e., em nosso caso a ETCC), e este estímulo influencia a resposta a um estímulo subsequente (isto é, processamento neurocognitivo) (HAUPTMANN & KARNLI, 2002).

Em atividades que envolvam especificamente a força muscular, grande parte dos estudos têm demonstrado que ETCC-a, aplicada sobre o córtex pré-frontal (CPF), proporcionou melhorias agudas na resistência de força. Além disso, também foi possível demonstrar que a aplicação desse estímulo reduziu a percepção subjetiva de esforço (PSE) em atividades de resistência muscular (LATTARI *et al.*, 2018b). Outras pesquisas investigaram os efeitos da estimulação anódica sobre o pico de potência anaeróbia (COSTA *et al.*, 2015). O pico de potência anaeróbia pode ser definido como a maior intensidade sustentada em um cicloergômetro, por exemplo, durante um período maior do que um minuto (OKANO *et al.*, 2015). No estudo realizado por Lattari *et al.* (2018), a ETCC aplicada sobre o CPF aumentou o tempo de exaustão no cicloergômetro com uma carga de 100% do pico de potência anaeróbia. Adicionalmente, Vitor-Costa *et al.* (2015) demonstraram que a ETCC aplicada sobre o córtex motor (CM) resultou em aumento no tempo de exaustão no cicloergômetro com uma carga de 80% do pico de potência anaeróbia. De forma similar, Okano *et al.*, (2015) observaram que após os sujeitos receberem estímulo anódico no córtex insular ocorreram melhorias de 4% no pico de potência anaeróbia, com uma carga de 80% no cicloergômetro. Contudo, em nenhuma dessas pesquisas foi possível observar redução da PSE após a aplicação do estímulo anódico sobre o córtex cerebral (OKANO *et al.*, 2015).

Existe evidência demonstrando uma relação direta do córtex cerebral modulando o sistema cardiovascular (VERBENE e OWENS, 1998) e indireta modulando a PSE (AMANN *et al.*, 2008) em ciclistas. As regiões do cérebro envolvidas no sistema nervoso autônomo (SNA) cardiovascular incluem tanto o córtex insular e o córtex pré-frontal (MONTENEGRO *et al.*, 2011). Já o relacionamento entre

comando central e a PSE não foi claramente definido, onde a PSE tem sido associada a sinais somato-sensoriais (AMANN *et al.*, 2008) e mecanismos neurocognitivos (habilidade cognitiva, ambiente, experiência, conhecimento dos sinais de esforço durante e após o exercício) (FAULKENR e ESTON, 2008). Dentro do contexto do exercício físico, sujeitos com alta capacidade aeróbia demonstraram maior tempo de retirada parassimpática, apresentando maior modulação vagal sobre a frequência cardíaca (FC) e, conseqüentemente, maior intervalo entre os batimentos cardíacos, promovendo o aumento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), quando comparados a indivíduos com níveis mais baixos de aptidão física (TULPPO, 1998). Contudo, a PSE pode modular essas respostas cardiovasculares, devido a múltiplos sinais de retroalimentação aferentes ao comando central cardiovascular (WILLIAMSON, 2010). Justifica-se a investigação da PSE pelo fato da ETCC modular essa medida (MONTENEGRO *et al.*, 2011). A implicação é que o comando central tem a capacidade de modificar ou modular informações sensoriais (RAY e CARTER, 2007) podendo ter influência significativa nas interações complexas entre comando central e os sinais e sensações neurais específicas associados à PSE. Em outras palavras, a lacuna da seguinte pesquisa é responder a seguinte questão: A estimulação anódica irá melhorar o desempenho atlético e reduzir a PSE em uma sessão de HIFT? Outro questionamento secundário será analisar e comparar os efeitos agudos da ETCC-a nas cargas internas e externas durante uma sessão de HIFT.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo Geral**

O objetivo da seguinte pesquisa será investigar os efeitos agudos da transcraniana por corrente contínua no desempenho que será mensurado pelo número de repetições nos AMRAPs e nas cargas internas e externas durante uma sessão de HIFT.

### **2.2. Objetivos específicos**

Especificamente, o presente estudo visa realizar as seguintes etapas:

- Comparar os efeitos da estimulação anódica com a estimulação placebo (sham) sobre o desempenho de uma sessão de HIFT.
- Avaliar as escalas de percepção subjetiva de esforço (PSE) e escala visual analógica (EVA) para dor nas condições de estimulação, anódica e sham numa sessão de HIFT.
- Examinar as variáveis fisiológicas (VFC, TRIMP e Lactato) nas condições de estimulação, anódica e sham numa sessão de HIFT.

### **3. HIPÓTESE**

A hipótese do estudo é que o estímulo anódico irá promover melhor desempenho atlético, redução da PSE, EVA, carga de treino, índice de fadiga, Lactato e TRIMP em uma sessão de HIFT.

### **4. RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA**

Para nosso conhecimento, somente o estudo de (Hendy *et al.*, 2019) investigou os efeitos da a-ETCC sobre o desempenho de uma sessão de HIIT e nenhum estudo até o momento investigou o efeito da ETCC-a sobre o desempenho de uma sessão de HIFT, e como visto anteriormente, ETCC-a pode trazer melhorias sobre a força, potência anaeróbica, resistência de força e redução da PSE. Alguns estudos investigaram o efeito da ETCC-a sobre a resistência de força e PSE em exercícios isolados de força (LATTARI *et al.*, 2016), e apenas uma pesquisa foi realizada investigando os efeitos sobre uma sessão de treinamento (RODRIGUES *et al.*, 2022), sendo ETCC-a um recurso ergogênico de melhoria de desempenho que se utilizado corretamente, não apresenta efeitos colaterais graves. Além disso, apenas dois estudos investigaram os efeitos da ETCC-a modulando o sistema autonômico e a PSE em uma tarefa realizada no cicloergômetro (OKANO *et al.*, 2015; FARINATTI *et al.*, 2019). Contudo, somente uma pesquisa aplicou a ETCC-a sobre o córtex pré frontal ( FARINATTI *et al.*, 2019), a outra pesquisa aplicou a ETCC sobre o córtex

temporal (OKANO *et al.*, 2015) e o exercício utilizado em ambas é bem diferente comparado a uma sessão de HIFT.

## **Aspectos éticos da pesquisa**

Todos os participantes foram inicialmente esclarecidos sobre os procedimentos experimentais e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, além disso, o projeto foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme definido na Resolução 466/2012 e foi aprovado (CAE: 02469418.2.0000.5289).

## **5. MÉTODOS**

### **5.1. Participantes**

Foram selecionados 8 homens praticantes de HIFT por pelo menos um ano de treinamento. Além disso, os seguintes critérios de inclusão foram adotados:

Homens e mulheres saudáveis, sem histórico de doenças crônicas pré-existente como hipertensão arterial, diabetes, doenças cardiovasculares, pulmonares, neurológicas ou mentais, classificados como baixo risco segundo os critérios de estratificação de risco do Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACMS, 2013), idade entre 18 a 40 anos, sem histórico de lesões ósseas, musculares ou ligamentares, não fumantes e que façam uso de bebidas alcoólicas de forma regular;

Os seguintes critérios de não exclusão serão adotados:

Sedentários ou não familiarizados com a prática de HIFT por pelo menos um mês de treinamento, com histórico de doença crônica pré-existente como hipertensão arterial, diabetes, doenças cardiovasculares, pulmonares, neurológicas ou mentais, classificados como alto risco segundo os critérios de estratificação de risco do Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACMS, 2013), idade inferior a 18 anos e maior do que 40 anos, com histórico de lesões ósseas, musculares ou ligamentares, fumantes e que façam uso de bebidas alcoólicas de forma regular.

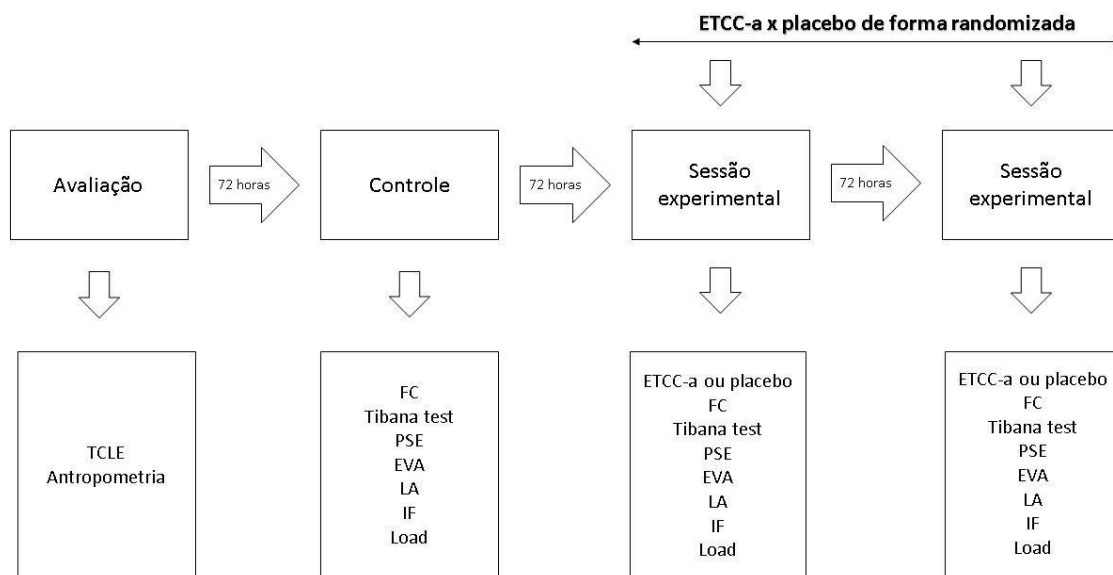
## 5.2. Desenho do estudo

1º dia (Avaliação)- No primeiro dia os participantes foram orientados e esclarecidos sobre todos os procedimentos experimentais envolvidos na pesquisa. Após isso, os participantes assinaram o TCLE para posterior participação no estudo. Nesse mesmo dia os participantes foram avaliados quanto à antropometria.

2º dia (Sessão experimental) – Para a condição controle, os participantes realizaram uma sessão de HIFT (*WOD*), que foi realizada através do protocolo *Tibana Test* (ver “Sessão de HIFT”). A FC foi registrada continuamente para análise da FC média e FC máxima. Entre os AMRAPs e após o último AMRAP, serão aferidas a percepção subjetiva de esforço (PSE), lactato sanguíneo (LA), e foi aplicada a escala visual analógica (EVA).

3º e 4º dias (Sessões experimentais) - Os participantes foram submetidos a duas intervenções, estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (ETCC-a) e estimulação transcraniana por corrente contínua placebo (sham), alocados de forma randômica por meio de um estudo *Cross-Over* e intervalo de 72 horas entre as intervenções. A randomização foi realizada por meio da Web site ([randomization.com](http://randomization.com)) e foi repetida em todas as sessões experimentais deste estudo. Na condição a-ETCC o eletrodo anódico foi posicionado sobre o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL) esquerdo e o eletrodo catódico (referência) foi posicionado sobre o córtex supraorbital (CSO) direito, de acordo com o Sistema Internacional de EEG 10-20 (JASPER, 1958). O estímulo foi aplicado com uma intensidade de 2mA e uma duração de 20 minutos (LATTARI *et al.*, 2017). Para a condição sham, a montagem dos eletrodos foi similar a condição a-ETCC, porém esse estímulo terá uma intensidade de 2mA e duração de apenas 30 segundos (GANDIGA; HUMMEL, COHEN, 2006). Imediatamente após o período de estimulação, foram concedidos dez minutos de repouso onde foi aferida a frequência cardíaca (FC), através de um monitor específico de frequência cardíaca (Firstbeat Technologies LTDA, Jyväskylä, Finlândia). Após essa aferição, os participantes realizaram uma sessão de HIFT (*WOD*), que foi realizada através do protocolo *Tibana Test* (ver “Sessão de HIFT”). A FC foi registrada continuamente para análise do comportamento da FC média e FC máxima. Entre os AMRAPs e após o

último AMRAP, foram aferidas a percepção subjetiva de esforço (PSE), lactato sanguíneo (LA), e foi aplicada a escala visual analógica (EVA).



**Figura 1.** Cronologia das etapas do desenho experimental.

Legenda: TCLE= Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; ETCC= estimulação transcraniana por corrente contínua; FC= frequência cardíaca; PSE= percepção subjetiva de esforço; EVA= escala visual analógica, LA: Lactato sanguíneo; IF: Índice de fadiga.

### 5.3. Procedimentos experimentais

#### 5.3.1. Antropometria

Foram avaliadas as medidas de peso e estatura dos participantes. Em seguida, dobras cutâneas do peitoral, abdome e coxa (JACKSON E POLLOCK, 1978) foram mensuradas com um compasso de dobras cutâneas (Sanny®, American Medical do Brasil Ltda., São Bernardo do Campo, SP) para o cálculo posterior de densidade corporal e percentual de gordura (SIRI, 1956).

### 5.3.2. Estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC)

Os participantes permaneceram, confortavelmente, sentados em uma cadeira. Foi utilizado um par de esponjas para envolver dois eletrodos de silicone com tamanho de 5x7 cm, onde essas esponjas foram embebidas em uma solução salina (NaCl 140 mmol dissolved in Milli-Q water). Os eletrodos foram conectados ao dispositivo de estimulação (TCT, China) e foram posicionados sobre o escalpo dos participantes com o uso de elásticos. Para a condição ETCC-a o eletrodo anódico foi posicionado sobre o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL) esquerdo e o eletrodo catódico (referência) foi posicionado sobre o córtex supraorbital (CSO) direito. O posicionamento dos eletrodos nessas respectivas áreas foi de acordo com o Sistema Internacional de EEG 10-20 (JASPER, 1958). Para a condição ETCC-a foi aplicado uma intensidade de estímulo de 2 mA com uma duração de 20 minutos (LATTARI et al., 2017). Durante a condição sham os eletrodos foram posicionados similarmente a condição ETCC-a, o estímulo foi de 2mA, porém esse estímulo teve uma duração de apenas 30 segundos (GANDIGA; HUMMEL, COHEN, 2006). Essa estimulação demonstrou ser efetiva quanto ao placebo e cegamento dos participantes (RUSSO et al., 2013).

### 5.3.3. Desempenho

O desempenho foi medido pela soma das repetições dos 4 AMRAPS da sessão de HIFT (*Tibana Test*).

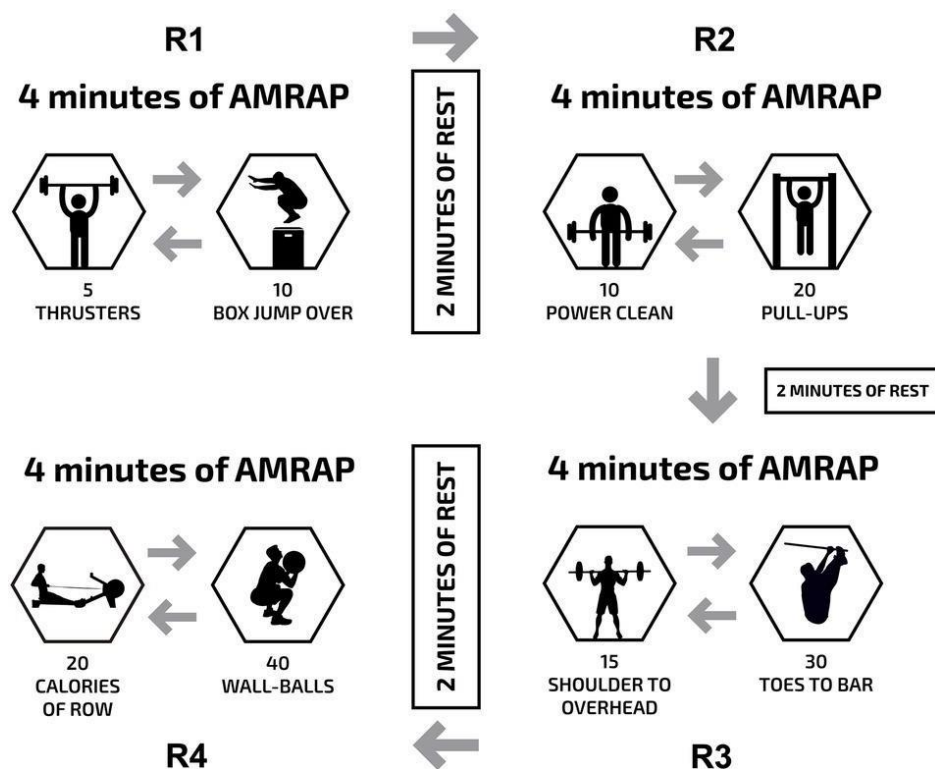
### 5.3.4. Lactato

Para a quantificação das concentrações de lactato, logo antes, entre os AMRAPS e após o último AMRAP, foi feita a assepsia da falange distal do dedo indicador da mão com gaze embebida em álcool isopropílico 70%, após isso 3 µl de sangue venoso foram retiradas do local através de lancetas e serão aplicadas em

tiras reagentes, e então inseridas no lactímetro (Accutrend® Lactate, Roche) (BALDARI *et al.*, 2009).

### 5.3.5. Sessão de HIFT (WOD)

Os participantes executaram o Tibana *test* (Tibana *et al.*, 2019) que é composto por 4 minutos de máximo de rounds (AMRAP) de 5 Thrusters (60 kgs) e 10 box jump overs (round 1); 2 minutos de descanso; 4 minutos de AMRAP de 10 power cleans (60 kgs) e 20 pull-ups (round 2); 2 minutos de descanso; 4 minutos de AMRAP de 15 shoulder to overhead (60 kgs) e 30 toes-to-bar (round 3); 2 minutos de descanso; 4 minutos de AMRAP de 20 cal row e 40 wall balls (9 kgs), durante o WOD os atletas foram incentivados a executarem o máximo de repetições possíveis em cada round.



**Figura 2.** Descrição da sessão de HIFT (Tibana test).

### 5.4. Carga de treinamento



#### 5.4.1. Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)

A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada usando a escala de Borg (CR-10) com pontuação de 0 (nenhum esforço) e 10 (máximo absoluto) (BORG, 1998).

#### 5.4.2. LOAD

Para quantificação da carga de treinamento, após 30 minutos do término de cada *WOD*, os participantes responderam à seguinte pergunta: “Como foi o seu treino?”, os atletas apontaram sua resposta na escala de PSE de 0 a 10 pontos (BORG, 1998). Os participantes foram familiarizados à escala de PSE da sessão e suas respostas deverão ser referentes à sessão de treinamento como um todo. O produto do score da PSE (intensidade – exemplo: 5) pela duração da sessão em minutos (volume – exemplo: 60 min) irá refletir a magnitude da carga interna da sessão de treinamento (CIT = PSE x duração da sessão) em unidades arbitrárias (exemplo: 300 UA) (FOSTER *et al*, 2001).

#### 5.4.3. “Training Impulse” (TRIMP)

O TRIMP é um método que mensura a carga de treinamento através da intensidade (calculada pelo método de reserva de frequência cardíaca) e a duração do exercício (medida em minutos). É uma forma de quantificar a carga de treinamento e o estresse posto em um atleta ao longo do treinamento. O software Firstbeat SPORT (Firstbeat SPORT, Jyvaskyla, Finlândia) será utilizado para registrar e calcular os dados através da equação (Banister *et al.*, 1980):

$$\text{TRIMP} = \text{soma} (D \times \text{HRr} \times 0,64e_y)$$

Onde, D é a duração (min) em uma determinada frequência cardíaca, HRr é a frequência cardíaca como uma fração da frequência cardíaca de reserva e  $e_y$  é a HRr multiplicada por 1,92 (homens) ou 1,67 (mulheres).

#### 5.4.4. Escala visual analógica (EVA)

Foi aplicada a Escala Visual Analógica (EVA), no intervalo entre os AMRAPs e após a execução do último AMRAP. A EVA quantifica de zero (0) a dez (10) a intensidade da dor, sendo que zero representa a ausência total de dor e dez; a dor máxima suportável pelo paciente (FLAHERTY, 1996).

#### 5.4.5. Índice de fadiga (IF)

O índice de fadiga (IF) é usado para descrever o processo que calcula a diminuição no desempenho a partir do melhor para o pior desempenho durante uma atividade repetida (MATTHEW LAURENT *et al.*, 2007). Neste estudo, foi registrado o número de repetições executadas a cada 30 segundos em cada AMRAP e será utilizada a seguinte fórmula (NAHARUDIN e YUSOF, 2013):

$$\text{IF} = \left[ \frac{(\text{Maior número de repetições} - \text{menor número de repetições})}{\text{maior número de repetições}} \right] \times 100$$

### 5.5. Análise estatística

A estatística descritiva foi reportada através dos valores de média e desvio padrão. A esfericidade dos dados foi verificada pelo teste de Mauchly e sempre que a esfericidade foi violada o fator de correção Greenhouse-Geisser foi utilizado. Para estatística inferencial, foi utilizado um teste-t de medidas independentes comparando as diferentes condições (anódica x catódica e controle) para EVA, Lactato, Desempenho e IF. O nível de significância foi estabelecido com um  $p \leq 0.05$ . As estatísticas descritivas e inferenciais foram realizadas no Graphpad prism, versão 8.0.

## 6. RESULTADOS

Com base nas informações obtidas e dados descritivos baseados na Tabela 1, podemos notar dados de caracterização dos participantes que participaram das sessões experimentais.

Idade (anos)	Massa Corporal (Kg)	Estatura (cm)	Percentual de gordura
27.3 ± 4.4	85.56 ± 6.54	1.76 ± 0.33	10.41 ± 2.78

Tabela 3- Caracterização dos atletas com valores representados através de média ± desvio padrão

Nesta sessão, apresentamos os resultados de cada variável separadamente a fim de facilitar a visualização e compreensão de todos.

### 6.1 AMRAPS

Por meio do teste Shapiro-Wilk foi observada a normalidade dos dados para ambos os grupos ETCC-a ( $p = 0.0976$ ), controle ( $p = 0.5053$ ) e placebo ( $p = 0.4497$ ). Com relação ao número de repetições, foi observada uma superioridade do grupo de ETCC-a ( $M = 237.1$  e  $DP = 30.87$ ) comparado aos grupos controle ( $M = 219.4$  e  $DP = 26.34$ ) e placebo ( $M = 221.1$  e  $DP = 31.51$ ). Por meio do teste-t, foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre o grupo ETCC-a e os grupos controle ( $t = 5.695$ ,  $p = 0.0009$ ) e placebo ( $t = 5.876$ ,  $p = 0.0007$ ) (Figura 3A).

### 6.2 PSE

Com o uso do teste Shapiro-Wilk foi observada a normalidade dos dados para ambos os grupos ETCC-a ( $p = 0.0867$ ), controle ( $p = 0.9104$ ) e placebo ( $p = 0.3970$ ). Já sobre a PSE, foi observada um menor valor no grupo de ETCC-a ( $M = 7.938$  e  $DP = 0.9978$ ) comparado aos grupos controle ( $M = 8.719$  e  $DP = 0.7126$ ) e placebo ( $M = 8.313$  e  $DP = 0.4381$ ). Por meio do teste-t, foram verificadas diferenças estatisticamente significativas apenas entre o grupo ETCC-a e o grupo controle ( $t = 2.538$ ,  $p = 0.0388$ ) (Figura 3B).

### 6.3 EVA

Por meio do teste Shapiro-Wilk foi observada a normalidade dos dados para ambos os grupos ETCC-a ( $p = 0.3541$ ), controle ( $p = 0.9288$ ) e placebo ( $p = 0.0972$ ). Considerando os valores da EVA, foi observada um menor valor no grupo de controle ( $M = 7.281$  e  $DP = 1.448$ ) comparado aos grupos ETCC-a ( $M = 7.594$  e  $DP = 0.999$ ) e placebo ( $M = 7.469$  e  $DP = 1.383$ ). Após realização do teste-t, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ETCC-a, controle e placebo (Figura 3C).

#### 6.4 LOAD

Utilizando o teste Shapiro-Wilk foi possível observar a normalidade dos dados para ambos os grupos ETCC-a ( $p = 0.0867$ ), controle ( $p = 0.9104$ ) e placebo ( $p = 0.3970$ ). Já sobre a LOAD, foi observada um menor valor no grupo de ETCC-a ( $M = 127.0$  e  $DP = 15.96$ ) comparado aos grupos controle ( $M = 139.5$  e  $DP = 11.40$ ) e placebo ( $M = 133.0$  e  $DP = 7.01$ ). Por meio do teste-t, foram verificadas diferenças estatisticamente significativas apenas entre os grupos ETCC-a e controle ( $t = 2.538$ ,  $p = 0.0388$ ) (Figura 3D).

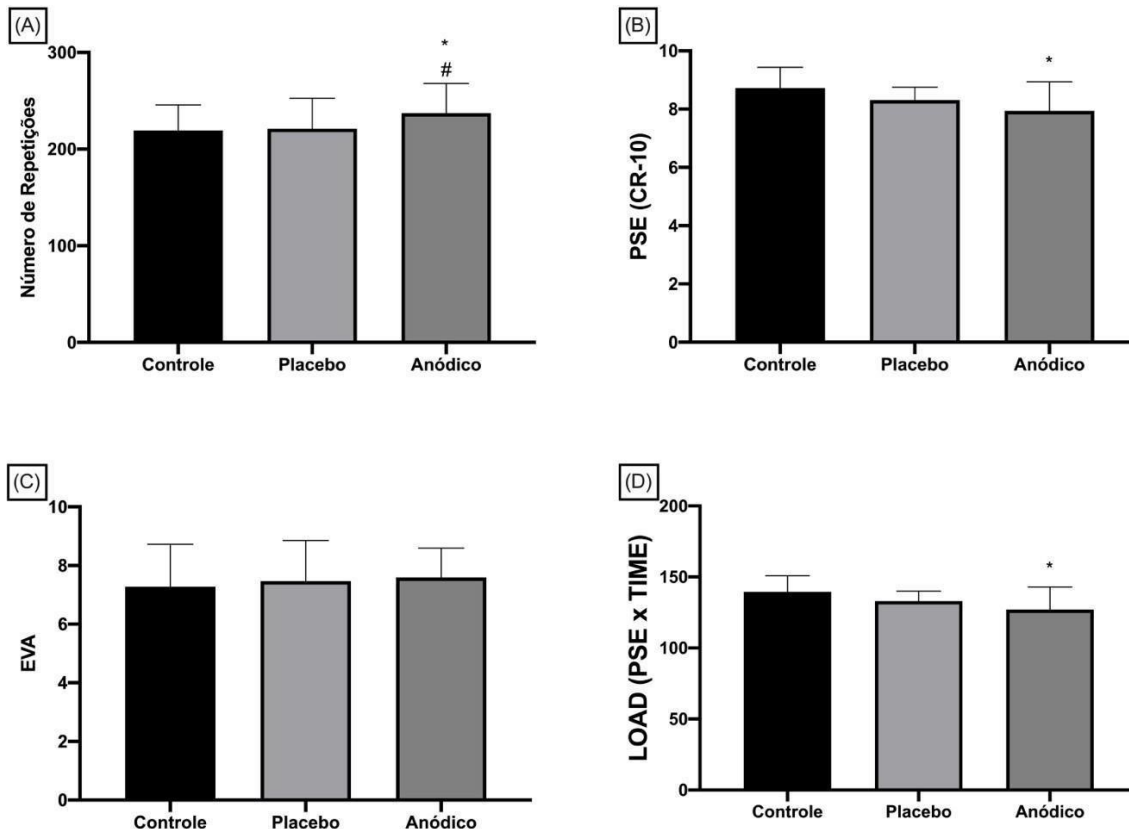


Figura 3 – Representação gráfica para AMRAPs, PSE, EVA e LOAD para os grupos ETCC-a, controle e placebo. (A) \*Diferença significativa entre grupo de ETCC-a comparado ao grupo controle ( $p = 0.0009$ ), #Diferença significativa entre grupo de ETCC-a comparado ao grupo placebo ( $p = 0.0007$ ); (B) \*Diferença significativa entre grupo de ETCC-a comparado ao grupo controle ( $p = 0.0388$ ); (C) Sem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos; (D) \*Diferença significativa entre grupo de ETCC-a comparado ao grupo controle ( $p = 0.0388$ ).

### 6.5 Lactato

Com o uso do teste Shapiro-Wilk foi observada a normalidade dos dados para ambos os grupos ETCC-a ( $p = 0.2448$ ), controle ( $p = 0.8766$ ) e placebo ( $p = 0.2232$ ). Com relação ao Lactato, foi observada um menor valor no grupo de placebo ( $M = 12.26$  e  $DP = 2.978$ ) comparado aos grupos controle ( $M = 13.78$  e  $DP = 2.405$ ) e ETCC-a ( $M = 12.69$  e  $DP = 1.663$ ). No entanto, por meio do teste-t, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre o grupo ETCC-a e os grupos controle e placebo (Figura 4A).

### 6.6 FC máxima

Por meio do teste Shapiro-Wilk foi observada a normalidade dos dados para ambos os grupos ETCC-a ( $p = 0.2009$ ), controle ( $p = 0.4499$ ) e placebo ( $p = 0.7554$ ). Já sobre a FC máxima, foi observada um menor valor no grupo de ETCC-a ( $M = 180.8$  e  $DP = 6.585$ ) comparado aos grupos controle ( $M = 185.6$  e  $DP = 7.463$ ) e placebo ( $M = 183.5$  e  $DP = 6.845$ ). Por meio do teste-t, foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre o grupo ETCC-a e os grupos controle ( $t = 6.363$ ,  $p = 0.0004$ ) e placebo ( $t = 5.227$ ,  $p = 0.0012$ ). Foi observada também uma diferença significativa entre os grupos placebo e controle ( $t = 0.0019$ ,  $p = 4.822$ ) (Figura 4B).

### 6.7 FC média

Usando o teste Shapiro-Wilk foi observada a normalidade dos dados para ambos os grupos ETCC-a ( $p = 0.1257$ ), controle ( $p = 0.5700$ ) e placebo ( $p = 0.9054$ ). Considerando a FC média, foi observada um menor valor no grupo de ETCC-a ( $M = 153.6$  e  $DP = 6.435$ ) comparado aos grupos controle ( $M = 161.3$  e  $DP = 3.615$ ) e placebo ( $M = 157.8$  e  $DP = 4.200$ ). Por meio do teste-t, foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre o grupo ETCC-a e os grupos controle ( $t = 4.932$ ,

$p = 0.0017$ ) e placebo ( $t = 3.956$ ,  $p = 0.0055$ ). Foi observada também uma diferença significativa entre os grupos placebo e controle ( $t = 0.0020$ ,  $p = 4.782$ ) (Figura 4C).

## 6.8 TRIMP

Por meio do teste Shapiro-Wilk foi observada a normalidade dos dados para ambos os grupos ETCC-a ( $p = 0.1517$ ), controle ( $p = 0.6114$ ) e placebo ( $p = 0.7857$ ). Já sobre o TRIMP, foi observada um menor valor no grupo de ETCC-a ( $M = 62.50$  e  $DP = 10.11$ ) comparado aos grupos controle ( $M = 71.88$  e  $DP = 11.49$ ) e placebo ( $M = 66.88$  e  $DP = 11.24$ ). Por meio do teste-t, foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre o grupo ETCC-a e os grupos controle ( $t = 7.400$ ,  $p = 0.0001$ ) e placebo ( $t = 3.309$ ,  $p = 0.0130$ ). Foi observada também uma diferença significativa entre os grupos placebo e controle ( $t = 0.0009$ ,  $p = 5.517$ ) (Figura 4D).

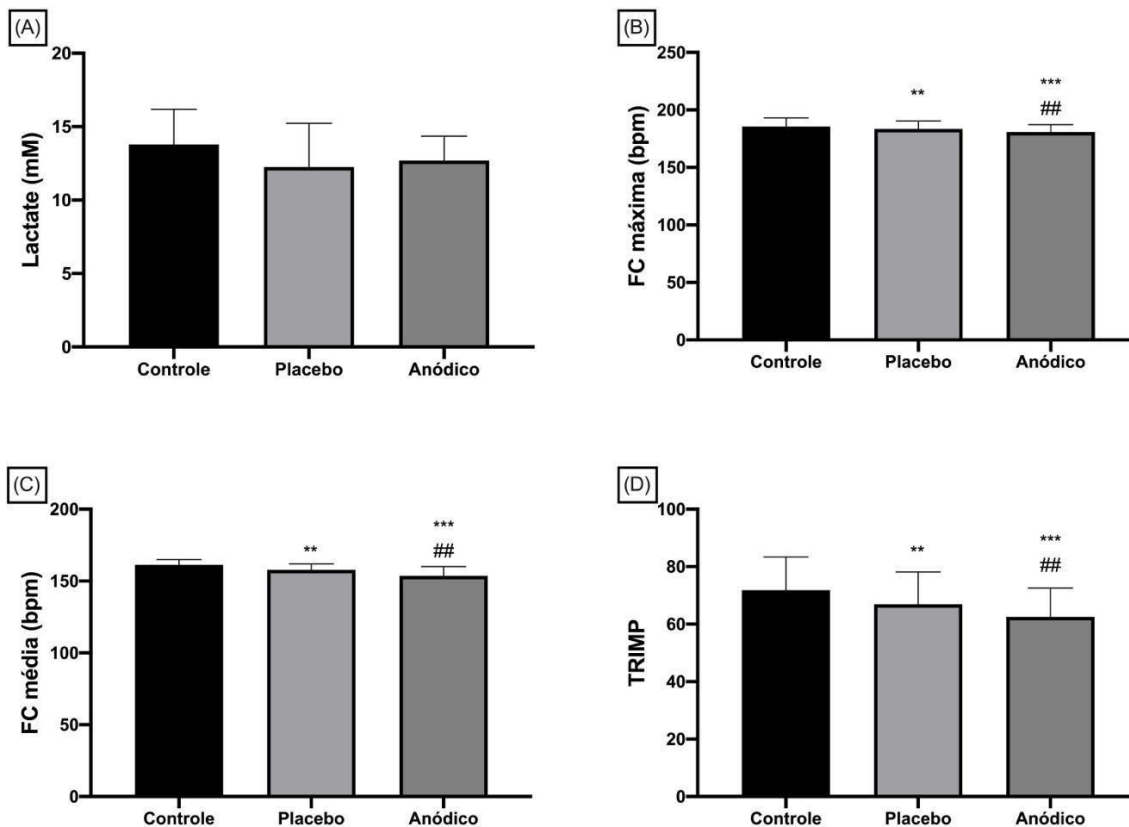


Figura 4 – Representação gráfica para Lactato, FC máxima, FC média e TRIMP para os grupos ETCC-a, controle e placebo. (A) Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos; (B) \*\*Diferença significativa entre grupo de ETCC-a comparado ao grupo controle ( $p = 0.0004$ ), ## Diferença significativa entre grupo de ETCC-a comparado ao grupo placebo ( $p = 0.0012$ ), \*\*\*Diferença

significativa entre grupo de controle comparado ao grupo placebo ( $p = 0.0019$ ); (C) \*\*Diferença significativa entre grupo de ETCC-a comparado ao grupo controle ( $p = 0.0017$ ), ### Diferença significativa entre grupo de ETCC-a comparado ao grupo placebo ( $p = 0.0055$ ), \*\*\*Diferença significativa entre grupo de controle comparado ao grupo placebo ( $p = 0.0020$ ); (D) \*\*Diferença significativa entre grupo de ETCC-a comparado ao grupo controle ( $p = 0.0001$ ), ## Diferença significativa entre grupo de ETCC-a comparado ao grupo placebo ( $p = 0.0130$ ), \*\*\*Diferença significativa entre grupo de controle comparado ao grupo placebo ( $p = 0.0009$ ).

## 7. DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi investigar se a estimulação anódica iria melhorar o desempenho numa sessão de HIFT, além disso, avaliamos as escalas de percepção subjetiva de esforço (PSE) e escala visual analógica (EVA) para dor, assim como as variáveis fisiológicas (EVA, TRIMP e lactato) nas condições de estimulação anódica e placebo. Nesse sentido, os achados demonstraram que a condição a-ETCC apresentou resultados melhores no desempenho (AMRAP), PSE, LOAD, TRIMP e FC numa sessão de HIFT, enquanto não foram encontradas diferenças significativas entre as condições na EVA, IF e lactato.

Segundo nosso conhecimento, nenhum estudo investigou os efeitos da a-ETCC sobre o desempenho no HIFT e apenas o estudo de Yang e Uhm (2021) investigou os efeitos da ETCC-a sobre o desempenho no HIIT através de testes. Neste estudo os pesquisadores demonstraram que ETCC-a combinada com treinamento HIIT de 8 semanas é superior ao treinamento HIIT isolado na melhoria da capacidade aeróbica em atletas amadores de futebol. O grupo que recebeu o estímulo antes dos treinamentos apresentou resultados melhores nos testes *Shuttle run* e *Yo Yo test* em comparação ao grupo que não recebeu a estimulação, mas diferente do nosso estudo, neste a-ETCC foi aplicada 3 vezes por semana durante 8 semanas de treinamento HIIT.

De acordo com Angius *et al.* (2019), é necessário separar os estudos com exercício uniarticular e exercício de corpo inteiro, além das atividades de potência e resistência devido às diferenças nas respostas cardiorrespiratórias, metabólicas e neuromusculares (SIDHU; CRESSWELL, CARROLL, 2013), entretanto, as características das atividades que foram realizadas neste estudo exigem uma

demanda tanto de geração de potência como de resistência aeróbica, assim como de controle do ritmo por ser uma atividade de ritmo auto sugerido.

Como esperado, houve aumento no desempenho (maior número de repetições no AMRAP) na condição ETCC-a. De acordo com isso, Lattari *et al.* (2020), avaliaram os efeitos de 3 condições experimentais (ETCC-a, ETCC-c e sham) no volume de carga em 15 participantes, eles foram submetidos a um teste de 10RM no Leg Press 45 nas duas primeiras visitas com intervalo de 48-72 horas, nas outras 3 visitas também com intervalo de 48-72 horas, os participantes foram submetidos às condições experimentais de forma randomizada e logo após realizaram um teste de repetições máximas com a carga alcançada no teste de 10 RM realizado nas primeiras visitas. A condição ETCC-a foi superior às outras condições no volume de carga aumentando o número de repetições executadas nos 15 participantes (n=15 100%), a condição ETCC-c promoveu aumento no volume em 6 participantes (40% dos participantes), reduziu em 2 participantes (13.3 %) e se manteve igual em 7 participantes (46.6%), a condição sham aumentou o volume de carga em 8 participantes (53.3 %) e se manteve igual em 7 participantes (46.6%). De forma similar, Lattari *et al.* (2016) encontraram um maior volume de carga para a condição ETCC-a aplicada no CPFDL na flexão de cotovelo, diferente de Montenegro *et al.* (2016) que não encontraram diferenças significativas na condição ETCC-a na extensão de joelho, mas dessemelhante ao nosso estudo, neste a estimulação foi aplicada no córtex motor. Esses achados suportam os resultados encontrados em relação ao desempenho nesta pesquisa, já que o desempenho foi mensurado pelo número de repetições executadas nos AMRAPs e houve um maior número de repetições na condição a-ETCC em comparação às outras condições (controle e placebo).

Uma possível explicação para esses resultados é a correlação negativa existente entre a PSE e desempenho, como foi demonstrado num estudo com triatletas que observou uma redução do ritmo dos atletas nas provas conforme a PSE aumentava (PARRY *et al.*, 2011). Existem evidências de que a PSE aumenta ou deriva de uma função linear da porcentagem da duração total do exercício (ESTON, 2012), a teoria por trás disso é que a percepção de esforço seja definida de forma antecipada desde o início da sessão, implicando no aumento da PSE pelo cérebro como uma proporção do tempo que foi concluído ou pela porcentagem do tempo que resta (NOAKES, 2004). Dessa forma o crescimento da PSE é dimensionado também



pela duração da tarefa e fadiga pré existente (ESTON *et al.*, 2007). Isto vai ao encontro da teoria do governador central que, segundo Noakes *et al.* (2008), a atividade física é controlada por um governador central no cérebro, que tem como função regular a atividade do corpo humano durante o exercício através da PSE, modulando a extensão do recrutamento do músculo esquelético de modo a garantir que uma falha catastrófica na homeostase não ocorra. Portanto, é plausível especular que a menor PSE promovida pela ETCC-a pode ser a responsável pelo maior desempenho encontrado nesta pesquisa pelas características das sessões de treinamento (tempo pré estabelecido e fadiga acumulada).

Neste contexto, o córtex pré-frontal tem importante papel na regulação do ritmo nas atividades físicas (ROBERTSON e MARINO, 2016). Durante exercícios exaustivos, decisões devem ser tomadas quanto ao ritmo em que a atividade deve ser mantida, de modo a permitir que a tarefa seja executada sem que haja uma diminuição drástica no ritmo ou falha completa. O córtex pré-frontal lateral (CPFL) permite a integração de sinais aferentes em combinação com um contexto motivacional e emocional fornecido pelo córtex cingulado anterior (CCA) e o córtex orbitofrontal (OFC). Uma vez que esses sinais estejam integrados, uma decisão sobre a resposta da tarefa mais relevante para a situação pode ser tomada, acelerando, mantendo ou diminuindo o ritmo (ROBERTSON e MARINO 2016).

Numa atividade em que o controle do ritmo é crucial para o desempenho como o HIFT, uma menor percepção de esforço durante a atividade pode levar a melhores tomadas de decisão relativas à estratégia. Isso ocorre porque as sessões de exercícios com características de controle de ritmo auto sugerido são conhecidas por promoverem consideráveis flutuações de potência (GIBSON *et al.*, 2006), é improvável que isso ocorra simplesmente devido a erros de julgamento aleatórios na estratégia de ritmo. É provável que essas flutuações de potência sejam respostas comportamentais importantes durante o exercício em momentos em que a homeostase é desafiada (GIBSON e NOAKES, 2001). De acordo com a teoria do governador central, essas flutuações na potência durante o exercício podem ser uma importante característica de um processo regulatório, baseado em informações de vários sistemas periféricos (por exemplo, músculo, receptores respiratórios e metabólicos) dentro de um complexo sistema de controle metabólico (LANDER; BUTTERFLY, EDWARDS, 2009).

Sobre a menor PSE encontrada após a ETCC-a nesta pesquisa, algumas evidências corroboram estes resultados. No estudo de Angius *et al.* (2019), 12 participantes foram avaliados em duas condições: ETCC-a realizada no CPFDL e sham, foi relatado um maior tempo de exaustão no teste incremental na bicicleta ( $p = 0.029$ ,  $17 \pm 8$  vs  $15 \pm 8$  min) e menor PSE no grupo que recebeu a estimulação em comparação ao placebo, a hipótese levantada é que a estimulação do córtex pré-frontal regula a atividade do controle inibitório (ANGIUS *et al.*, 2019) que tem uma importante ação regulando as sensações durante um esforço extenuante (HAGGER *et al.*, 2010), reduzindo a fadiga mental e por consequência diminuindo a percepção de esforço (MARCORA *et al.*, 2019). Contudo, no estudo de Lattari *et al.* (2017), 12 participantes foram submetidos às condições a-ETCC e sham de forma randomizada, e realizaram um teste de resistência máxima no cicloergômetro a 100% do pico de potência. Não foram encontradas diferenças significativas na PSE entre as condições ETCC-a ( $M=8.0\pm 3.0$ ) e sham ( $M=8.4\pm 1.6$ ). No teste de resistência máxima no cicloergômetro, a condição ETCC-a foi superior ao sham ( $M=137.1\pm 73.1$  segundos vs  $M=199.5\pm 97.2$  segundos). No entanto, neste estudo foi utilizada a escala *time limite estimate* (TLE) em vez da escala CR-10 para mensurar as respostas da PSE, esta é uma possível explicação para os resultados divergentes.

Como foi encontrada uma menor PSE na condição a-ETCC e as sessões tinham tempo pré-definido, o resultado do LOAD segue a tendência da PSE já que o LOAD é o produto da multiplicação entre a PSE e o tempo de sessão (NAHARUDIN e YUSOF, 2013). Isso resulta numa menor carga interna de treinamento encontrada após o estímulo anódico em comparação às outras condições experimentais.

Em relação ao comportamento da FC, os resultados estão de acordo com o achado de Angius *et al.* (2015) que encontrou menor FC na estimulação anódica no CPFDL em comparação ao sham no teste de tempo de exaustão na bicicleta. Já Kamali *et al.* (2019) encontrou diferenças significativas entre as condições ETCC-a e sham na frequência cardíaca de bodybuilders. Eles foram submetidos à estimulação anódica e realizaram o máximo de repetições na cadeira extensora com 30% do 1RM, os resultados revelaram que a FC foi 4,9% menor na condição ETCC-a em comparação a sham. Em contrapartida, Holgado *et al.* (2019) não encontrou diferenças significativas entre as condições ETCC-a, ETCC-c e sham em seu estudo com 36 ciclistas no teste máximo de 20 minutos na bicicleta. Outras pesquisas também não encontraram diferenças significativas no comportamento da FC após

ETCC-a no exercício aeróbio vigoroso (OKANO *et al.*, 2017), no exercício aeróbio moderado (THOMAS *et al.*, 2020) e na força isométrica dos extensores de joelho (ANGIUS *et al.*, 2016).

De acordo com nosso conhecimento, este foi o primeiro estudo que investigou os efeitos da ETCC-a no TRIMP. O monitoramento da carga interna através do TRIMP em sessões de HIFT já foi investigado em outros estudos (CRAWFORD *et al.*, 2018; TIBANA *et al.*, 2019, FALK NETO *et al.*, 2020; TIBANA *et al.*, 2018). A pesquisa de Crawford *et al.*, (2018) comparou a PSE com dois modelos de mensuração de carga interna baseados na FC (Edward's *internal workload* e Bannister TRIMP), de modo geral a PSE obteve uma correlação significativa com Edward's *internal workload* (n=558, r=0.889; p<0.0001) e Bannister TRIMP (n=554, r=0.561; p<0.0001).

Resultados parecidos foram encontrados por Falk Neto *et al.* (2020) e também por Tibana *et al.* (2018) que compararam a PSE com o TRIMP após uma sessão de HIFT. Neste sentido, os nossos resultados também apontaram uma redução do TRIMP acompanhando o comportamento da PSE. Este resultado indica que o TRIMP é um método sensível para mensurar as variações da carga de treinamento interna após a ETCC-a. Segundo Verbene (1996), o córtex pré-frontal (CPF) e o córtex insular (CI) tem participação em alguns aspectos do controle circulatório e investigações anatômicas mostram que essas áreas estão ligadas com regiões do hipotálamo, mesencéfalo, pontina e medular do cérebro envolvidas no controle cardiovascular, essa é uma possível explicação para os resultados que encontramos na FC e TRIMP na condição ETCC-a.

Apesar das interessantes evidências encontradas neste estudo, algumas limitações precisam ser mencionadas. Primeiro, o tamanho da amostra é pequeno. Segundo, o estudo foi realizado somente com homens e terceiro, somente participaram indivíduos treinados. De acordo com isso, esse resultados podem não ser totalmente transferidos para mulheres e indivíduos pouco treinados,

## **8. CONCLUSÃO**

A partir dos resultados do presente estudo, concluímos que a ETCC-a aplicada no córtex frontal dorsolateral esquerdo promoveu melhor desempenho numa sessão de High intensity functional training. Além disso, foram encontrados menores valores de PSE, TRIMP, LOAD e FC após a estimulação anódica em comparação com as condições controle e placebo.

Embora essa seja a primeira pesquisa realizada nesse sentido, a estimulação transcraniana por corrente contínua demonstrou ser uma promissora ferramenta para aumento da performance no HIFT, sendo um recurso ergogênico não dopante, com custo relativamente baixo e se usada corretamente, não apresenta efeitos colaterais graves.

## 9. REFERÊNCIAS

ACSM'S Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 9. ed. Philadelphia?: American College Of Sport Medicine, 2013.

AHMADI, Mohammad Amin et al. The relationship between temperament, Somatotype and some anthropometric variables and prevalence of musculoskeletal injuries in military pilots: A cross-sectional study. **Jorjani Biomedicine Journal**, v. 8,n. 4, p. 42-53, 2020.

AMANN, Markus, et al. Somatosensory feedback from the limbs exerts inhibitory influences on central neural drive during whole body endurance exercise. **Journal of applied physiology**, v. 105, n. 6, p.1714-1724, dez. 2008.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, et al. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Lippincott Williams & Wilkins, 2013.

ANGIUS, Luca et al. Transcranial direct current stimulation improves isometric time to exhaustion of the knee extensors. **Neuroscience**, v. 339, p. 363-375, 2016.

APARÍCIO, Luana VM, et al. A systematic review on the acceptability and tolerability of transcranial direct current stimulation treatment in neuropsychiatry trials. **Brain stimulation**, v. 9, n.5, p.671-681, set. 2016.

AS, Jackson; ML, Pollock. Generalized equations for predicting body density of men. **Br J Nutr.** Texas, p. 497-504. nov. 1978.

A TIBANA, R; ALMEIDA, L M; PRESTES, J. Crossfit® riscos ou benefícios? O que sabemos até o momento? **R. Bras. Ci. e Mov**, Brasilia, p.182-185, 2015.

AUBERT, André E. et al. The analysis of heart rate variability in unrestrained rats. Validation of method and results. **Computer Methods And Programs In Biomedicine**, [s.l.], v. 60, n. 3, p.197-213, nov. 1999.

AUBERT, André E. et al. The analysis of heart rate variability in unrestrained rats. Validation of method and results. **Computer methods and programs in biomedicine**, v. 60, n. 3, p. 197-213, nov. 1999.

BAECHLE, Thomas R.; EARLE, Roger W.. **Essentials of strenght training and conditioning**. London: Hardcover, 2008.

BAILEY, Brogan; BENSON, Alex J.; BRUNER, Mark W. Investigating the organisational culture of CrossFit. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 17, n. 3, p. 197-211, 2019.

BALDARI, Carlo et al. Accuracy, reliability, linearity of Accutrend and Lactate Pro versus EBIO plus analyzer. **European journal of applied physiology**, v. 107, n. 1, p. 105-111, 2009.

BANGSBO, J. Performance in sports—With specific emphasis on the effect of intensified training. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 25, p. 88-99, 2015.

BANISTER, Eric W.; CALVERT, Thomas W. Planning for future performance: implications for long term training. **Canadian journal of applied sport sciences. Journal canadien des sciences appliquees au sport**, v. 5, n. 3, p. 170-176, 1980.

BEERS, Emily. Virtuosity goes viral. **The CrossFit Journal**, v. 6, p. 1-10, 2014.

BORG, Gunnar. **Borg's Perceived Exertion and Pain Scales**, Human Kinetics, 1998.

BROSNAN, John T.; DA SILVA, Robin P.; BROSNAN, Margaret E. The metabolic burden of creatine synthesis. **Amino acids**, v. 40, n. 5, p. 1325-1331, 2011.

BROWN, Denver MY; BRAY, Steven R. Effects of mental fatigue on exercise intentions and behavior. **Annals of Behavioral Medicine**, v. 53, n. 5, p. 405-414, 2019.

BRUCE, R\_A; KUSUMI, F.; HOSMER, D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. **American heart journal**, v.85, n.4, p.546-562, abr. 1973.

BUCHHEIT, Martin; GINDRE, Cyrille. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 291, n. 1, p. H451-H458, 2006.

BYCURA, Dierdra; FEITO, Yuri; PRATHER, Courtney. Motivational factors in CrossFit® training participation. **Health Behavior and Policy Review**, v. 4, n. 6, p. 539-550, 2017.

C, Foster et al. A new approach to monitoring exercise training. **Journal Of Strength And Conditioning Research**, Wisconsin, v. 1, n. 15, p.109-115, 2001.

CAPODAGLIO, E. M. Comparison between the CR10 Borg's scale and the VAS (visual analogue scale) during an arm-cranking exercise. **Journal of occupational rehabilitation**, v. 11, n. 2, p. 69-74, 2001.

CHOLEWA, Jason M.; GUIMARAES-FERREIRA, Lucas; ZANCHI, Nelo Eidy. Effects of betaine on performance and body composition: a review of recent findings and potential mechanisms. **Amino acids**, v. 46, n. 8, p. 1785-1793, 2014.

COOK, Dane B. et al. Naturally occurring muscle pain during exercise: assessment and experimental evidence. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 29, n. 8, p. 999-1012, 1997.

COOPER, Christina N. et al. Effects of lower-body muscular fatigue on vertical jump and balance performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, n. 10, p. 2903-2910, 2020.

CRAWFORD, Derek A. et al. Validity, reliability, and application of the session-RPE method for quantifying training loads during high intensity functional training. **Sports**, v. 6, n. 3, p. 84, 2018.

DAVIES, Melissa J.; COLEMAN, Lyndsie; BABKES STELLINO, Megan. The relationship between basic psychological need satisfaction, behavioral regulation, and participation in CrossFit. **Journal of Sport Behavior**, v. 39, n. 3, p. 239, 2016.

DE SOUZA, Dayana Pimentel et al. Lactato como substrato energético e a atividade carcinogênica. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 19, n. 1, p. 54-64, 2020.

DURKALEC-MICHALSKI, Krzysztof et al. The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on CrossFit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. **PloS one**, v. 13, n. 5, p. e0197480, 2018.

ERIKSSON, Jane Salier et al. Scaling VO<sub>2</sub>max to body size differences to evaluate associations to CVD incidence and all-cause mortality risk. **BMJ open sport & exercise medicine**, v. 7, n. 1, p. e000854, 2021.

ESCOBAR, Kurt A.; MORALES, Jacobo; VANDUSSELDORP, Trisha A. The effect of a moderately low and high carbohydrate intake on crossfit performance. **International journal of exercise science**, v. 9, n. 4, p.460-470, out. 2016.

ESCOBAR, Kurt A.; MORALES, Jacobo; VANDUSSELDORP, Trisha A.. The Effect of a Moderately Low and High Carbohydrate Intake on CrossfitPerformance. **International Journal Of Exercise Science**. Albuquerque, NewMexico, Usa, p. 460-470. 01 out. 2016.

ESTON, Roger; CONNOLLY, Declan. The use of ratings of perceived exertion for exercise prescription in patients receiving  $\beta$ -blocker therapy. **Sports Medicine**, v. 21, n. 3, p. 176-190, 1996.

ESTON, Roger et al. The effect of antecedent fatiguing activity on the relationship between perceived exertion and physiological activity during a constant load exercise task. **Psychophysiology**, v. 44, n. 5, p. 779-786, 2007.

ESTON, Roger. Use of ratings of perceived exertion in sports. **International journal of sports physiology and performance**, v. 7, n. 2, p. 175-182, 2012.

FALK NETO, Joao Henrique et al. Session rating of perceived exertion is a superior method to monitor internal training loads of functional fitness training sessions performed at different intensities when compared to training impulse. **Frontiers in physiology**, v. 11, p. 919, 2020.

FARINATTI, Paulo et al. Postexercise blood pressure and autonomic responses after aerobic exercise following anodal tDCS applied over the medial prefrontal cortex. **Neuroscience Letters**, v. 711, p. 134444, 2019.

FAULKNER, James, et al. *Perceived exertion research in the 21st century: developments, reflections and questions for the future*. 2008. PhD Thesis. Elsevier.

FEITO, Yuri et al. Changes in body composition, bone metabolism, strength, and skill-specific performance resulting from 16-weeks of HIFT. **PloS one**, v. 13, n. 6, p. e0198324, 2018.

FEITO, Yuri et al. High-intensity functional training (HIFT): Definition and research implications for improved fitness. **Sports**, v. 6, n. 3, p. 76, 2018.

FISHER, James et al. A comparison of the motivational factors between CrossFit participants and other resistance exercise modalities: a pilot study. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 57, n. 9, p. 1227-1234, 2017.

FISKER, F. Y. et al. Acute tendon changes in intense CrossFit workout: an observational cohort study. **Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports**, v. 27, n. 11, p.1258-1262, 7 out. 2016.

FLAHERTY, Stephen A. Pain measurement tools for clinical practice and research. **AANA journal**, v. 64, n. 2, p. 133-140, 1996.

FOGAÇA, Lorrueama J. et al. Effect of caffeine supplementation on exercise performance, power, markers of muscle damage, and perceived exertion in trained CrossFit men: a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover trial. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 60, n. 2, p. 181-188, 2019.

FOSTER, Carl, et al. A new approach to monitoring exercise training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 15, n.1, p.109-115, fev. 2001.

FRONTERA, Walter R.; OCHALA, Julien. Skeletal muscle: a brief review of structure and function. **Calcified tissue international**, v. 96, n. 3, p. 183-195, 2015.

GABBET, T.J. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? **Br J Sports Med**. 2016;50(5):273-80.

GANDIGA, Prateek C.; HUMMEL, Friedhelm C.; COHEN, Leonardo G.. Transcranial DC stimulation (tDCS): A tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. **Clinical Neurophysiology**, [s.l.], v. 117, n. 4, p.845-850, abr. 2006.

GIBSON, St et al. The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. **Sports medicine**, v. 36, n. 8, p. 705-722, 2006.

Glassman G. The New Girls. **CrossFit Journal**,v. 4, p.1-2, fev. 2004.

GRAESSLER, Bernhard et al. Effects of different training interventions on heart rate variability and cardiovascular health and risk factors in young and middle-aged adults: A systematic review. **Frontiers in physiology**, v. 12, p. 657274, 2021.

GRANDOU, Clementine et al. Overtraining in resistance exercise: an exploratory systematic review and methodological appraisal of the literature. **Sports Medicine**, v. 50, n. 4, p. 815-828, 2020.

GREEN, Alexander L.; PATERSON, David J. Identification of neurocircuitry controlling cardiovascular function in humans using functional neurosurgery: implications for exercise control. **Experimental physiology**, v. 93, n. 9, p.1022-1028, ago. 2008.

HAGGER, Martin S. et al. Self-regulation and self-control in exercise: The strength-energy model. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, v. 3, n. 1, p. 62-86, 2010.

HALLGREN, Mats Å.; MOSS, Nathan D.; GASTIN, Paul. Regular exercise participation mediates the affective response to acute bouts of vigorous exercise. **Journal of sports science & medicine**, v. 9, n. 4, p. 629, 2010.

HALPERIN, Israel; EMANUEL, Aviv. Rating of perceived effort: methodological concerns and future directions. **Sports Medicine**, v. 50, n. 4, p. 679-687, 2020.

HAMLIN, Michael John et al. Monitoring training loads and perceived stress in young elite university athletes. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 34, 2019.



HEINRICH, Katie M. et al. High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: a pilot study. **European journal of cancer care**, v. 24, n. 6, p. 812-817, 2015.

HEINRICH, Katie M. et al. Mapping coaches' views of participation in CrossFit to the integrated theory of health behavior change and sense of community. **Family & Community Health**, v. 40, n. 1, p. 24, 2017.

HEINRICH, Katie M. et al. Mission essential fitness: comparison of functional circuit training to traditional Army physical training for active duty military. **Military medicine**, v. 177, n. 10, p. 1125-1130, 2012.

HENDERSON, Scott. CrossFit's explosive affiliate growth by the numbers. **Morning Chalk Up**, 2018.

HOLGADO, Darías et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) over the left prefrontal cortex does not affect time-trial self-paced cycling performance: Evidence from oscillatory brain activity and power output. **PloS one**, v. 14, n. 2, p. e0210873, 2019.

HUMMEL, Friedhelm, et al. Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke. **Brain**, v. 128, n.3, p.490-499, Jan. 2005.

IMPELLIZZERI, Franco M.; MARCORA, Samuele M.; COUTTS, Aaron J. Internal and external training load: 15 years on. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 2, p. 270-273, 2019.

INGH, Nikhil et al. Heart rate variability: an old metric with new meaning in the era of using mhealth technologies for health and exercise training guidance. part two: prognosis and training. **Arrhythmia & electrophysiology review**, v. 7, n. 4, p. 247, 2018.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, 40(03), 497, 1978

JACKSON, Andrew S.; POLLOCK, Michael L. Generalized equations for predicting body density of men. **British journal of nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

JASPER, Herbert. Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol**, v. 10, p. 370-375, 1958.

KAMALI, Ali-Mohammad et al. Transcranial direct current stimulation to enhance athletic performance outcome in experienced bodybuilders. **PloS one**, v. 14, n. 8, p. e0220363, 2019.

KRAMER, Samuel J. et al. The effect of six days of dietary nitrate supplementation on performance in trained CrossFit athletes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 13, n. 1, p. 39.

LANDER, Patrick J.; BUTTERLY, Ronald J.; EDWARDS, Andrew M. Self-paced exercise is less physically challenging than enforced constant pace exercise of the same intensity: influence of complex central metabolic control. **British Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 10, p. 789-795, 2009.

LANGLEY, G. B.; SHEPPEARD, H. The visual analogue scale: its use in pain measurement. **Rheumatology international**, v. 5, n. 4, p. 145-148, 1985.

LATTARI, Eduardo et al. Can transcranial direct current stimulation improve muscle power in individuals with advanced resistance training experience? **Journal Of Strength And Conditioning Research**, [s.l.], p.1-25, abr. 2017.

LATTARI, Eduardo et al. Can Transcranial Direct Current Stimulation Improve the Resistance Strength and Decrease the Rating Perceived Scale in Recreational Weight-Training Experience? **Journal Of Strength And Conditioning Research**, [s.l.], v. 30, n. 12, p.3381-3387, dez. 2016.

LATTARI, Eduardo et al. Effects of transcranial direct current stimulation on time limit and ratings of perceived exertion in physically active women. **Neuroscience Letters**, [s.l.], v. 662, p.12-16, jan. 2018.

LATTARI, Eduardo et al. Effects on Volume Load and Ratings of Perceived Exertion in Individuals Advanced Weight-Training After Transcranial Direct Current Stimulation. **Journal Of Strength And Conditioning Research**, [s.l.], p.1-2, jan. 2018.

MA, Xuan et al. Mechanisms of physical fatigue and its applications in nutritional interventions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, n. 24, p. 6755-6768, 2021.

MANGINE, Gerald T. et al. Predictors of CrossFit open performance. **Sports**, v. 8, n. 7, p. 102, 2020.

MARCORA, Samuele Maria; STAIANO, Walter. The limit to exercise tolerance in humans: mind over muscle?. **European journal of applied physiology**, v. 109, n. 4, p. 763-770, 2010.

MARQUES NETO, S. R. et al. The blockade of angiotensin AT 1 and aldosterone receptors protects rats from synthetic androgen-induced cardiac autonomic dysfunction. **Acta physiologica**, v. 208, n. 2, p. 166-171, junh. 2013.

MARTENS, Géraldine; HODY, Stéphanie; BURY, Thierry. Can transcranial direct current stimulation enhance maximal aerobic performance in runners?. In: **7th ECOSEP Congress "Sports Medicine and Science: Facts for the Future**. 2021.

MATÉ-MUÑOZ, José L. et al. Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit® Workouts. **Journal Of Sports Science & Medicine**, Barcelona, v. 17, n. 4, p.668-679, 20 nov. 2018.

MATTHEW LAURENT, C. et al. Cross-validation of the 20-versus 30-s Wingate anaerobic test. **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 6, p. 645-651, 2007.

MAUGHAN, Ronald J, et al. IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism V. 28, n.2, p.105-125, abr. 2018**.

MAUGHAN, Ronald J. Legal ergogenic aids?. **Current sports medicine reports**, v. 8, n. 4, p.165.166, jul. 2009.

MCCRATY, Rollin; SHAFFER, Fred. Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. **Global advances in health and medicine**, v. 4, n. 1, p. 46-61, 2015.

MEIER, Nicole; RABEL, Stefan; SCHMIDT, Annette. Determination of a CrossFit® benchmark performance profile. **Sports**, v. 9, n. 6, p. 80, 2021.

MILLER, Gregory M. The emerging role of trace amine-associated receptor 1 in the functional regulation of monoamine transporters and dopaminergic activity. **Journal of neurochemistry**, v. 116, n. 2, p. 164-176, 2011.

MONTENEGRO, Rafael et al. Motor cortex tDCS does not improve strength performance in healthy subjects. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 21, p. 185-193, 2015.

MONTENEGRO, Rafael Ayres, et al. Transcranial direct current stimulation influences the cardiac autonomic nervous control. **Neuroscience letters**, v. 497, n. 1, p.32-36, jun. 2011.

MOREIRA, Alexandre; CAVAZZONI, Pedro Bataglioli. MONITORANDO O TREINAMENTO ATRAVÉS DO WISCONSIN UPPER RESPIRATORY SYMPTOM SURVEY -21 E DAILY ANALYSIS OF LIFE DEMANDS IN ATHLETES NAS VERSÕES EM LÍNGUA PORTUGUESA. **R. da Educação Física/uem**, São Paulo, v. 20, n. 1, p.109-119, 2009.

MORO, Tatiana et al. Betaine supplementation does not improve muscle hypertrophy or strength following 6 weeks of cross-fit training. **Nutrients**, v. 12, n. 6, p. 1688, 2020.

MÜLLER, Patrick et al. Lactate and BDNF: key mediators of exercise induced neuroplasticity?. **Journal of clinical medicine**, v. 9, n. 4, p. 1136, 2020.

NAHARUDIN, Mohamed Nashrudin; YUSOF, Ashril. Fatigue index and fatigue rate during an anaerobic performance under hypohydrations. **PloS one**, v. 8, n. 10, p. e77290, 2013.

NEVES, Solange Pavão. Uso da Beta-Alanina na Prática Desportiva: uma revisão da evidência. 2020.

NITSCHKE, Michael A.; PAULUS, Walter. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. **The Journal of physiology**, 2000, v. 527, n. 3, p.633-639, set. 2000.

NIKOLIN, Stevan et al. Combined effect of prefrontal transcranial direct current stimulation and a working memory task on heart rate variability. **PloS one**, v. 12, n. 8, p. e0181833, 2017.

NOAKES, Timothy David; GIBSON, A. St Clair; LAMBERT, Estelle V. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. **British journal of sports medicine**, v. 39, n. 2, p. 120-124, 2005.

NOAKES, Timothy David. Linear relationship between the perception of effort and the duration of constant load exercise that remains. **Journal of applied physiology**, v. 96, n. 4, p. 1571-1573, 2004.

OKANO, Alexandre Hideki, et al. Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. **British journal of sports medicine**, v. 49, n. 18, p.1213-1218, Set. 2015.

OKANO, Alexandre Hideki et al. Can transcranial direct current stimulation modulate psychophysiological response in sedentary men during vigorous aerobic exercise?. **International journal of sports medicine**, v. 38, n. 07, p. 493-500, 2017.

OLIVEIRA, Stephanye Arraes; VIEIRA, Patrícia Dore. O USO DE RECURSOS ERGOGÊNICOS NUTRICIONAIS ENTRE ATLETAS OU DESPORTISTAS COM ÊNFASE EM SEU EFEITO PLACEBO: Uma revisão integrativa THE USE OF NUTRITIONAL ERGOGENIC. 2019.

PACHECO-BARRIOS, Kevin et al. Methods and strategies of tDCS for the treatment of pain: current status and future directions. **Expert review of medical devices**, v. 17, n. 9, p. 879-898, 2020.

PÁLINKÁS, Gergely et al. A CrossFit Games 2018 verseny elemzése= Analysis of CrossFit Games 2018. **TESTNEVELÉS, SPORT, TUDOMÁNY**, v. 4, n. 3-4, p. 8-15, 2019.

PATTYN, Nathalie et al. Bridging exercise science, cognitive psychology, and medical practice: Is “cognitive fatigue” a remake of “the emperor’s new clothes”?. **Frontiers in Psychology**, v. 9, p. 1246, 2018.

PICARD, Mathilde et al. Effect of exercise training on heart rate variability in type 2 diabetes mellitus patients: A systematic review and meta-analysis. **PloS one**, v. 16, n. 5, p. e0251863, 2021.

PINTO, Camila Lemos et al. Lactato: de causa da fadiga a suplemento ergogênico. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**, v. 22, n. 2, p. 173-181, 2014.

RAY, Chester A.; CARTER, Jason R. Central modulation of exercise-induced muscle pain in humans. **The Journal of physiology**, v. 585, n. 1, p.287-294, nov. 2007.

RABBANI, Alireza et al. Associations between selected training-stress measures and fitness changes in Male soccer players. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 8, p. 1050-1057, 2019.

RODRIGUES, Guilherme Moraes et al. Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Does Not Affect Velocity Loss During a Typical Resistance Exercise Session. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, p. 1-10, 2022.

ROSAS, Fabián et al. Effects of plyometric training and beta-alanine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. **Journal of human kinetics**, v. 58, n. 1, p. 99-109, 2017.

RUSSO, Riccardo et al. Perception of Comfort During Active and Sham Transcranial Direct Current Stimulation: A Double Blind Study. **Brain Stimulation**, [s.l.], v. 6, n. 6, p.946-951, nov. 2013. Elsevier BV.

SCHEEN, André J. Cardiovascular risk-benefit profile of sibutramine. **American Journal of Cardiovascular Drugs**, v. 10, n. 5, p. 321-334, 2010.

SIRI, We. **Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods.** [s.l.]: Lawrence Radiation Laboratory, 1956.

SMITH, Michael M.; SOMMER, Allan J.; STARKOFF, Brooke E. CROSSFIT-BASED HIGH-INTENSITY POWER TRAINING IMPROVES MAXIMAL AEROBIC FITNESS AND BODY COMPOSITION. **Journal Of Strength And Conditioning Research**, Columbu, v. 27, n. 11, p.3159-3172.

SMITH-RYAN, Abbie E. et al. The effects of beta-alanine supplementation on physical working capacity at heart rate threshold. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 34, n. 5, p. 397-404, 2014.

SIDHU, Simranjit K.; CRESSWELL, Andrew G.; CARROLL, Timothy J. Corticospinal responses to sustained locomotor exercises: moving beyond single-joint studies of central fatigue. **Sports Medicine**, v. 43, n. 6, p. 437-449, 2013.

SOUSA, M.; TEIXEIRA, Vitor Hugo; GRAÇA, Pedro. *Nutrição no desporto.* 2016.

ST CLAIR GIBSON, A.; SCHABORT, E. J.; NOAKES, T. D. Reduced neuromuscular activity and force generation during prolonged cycling. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 281, n. 1, p. R187-R196, 2001.

STEIN, Jesse A.; RAMIREZ, Melitza; HEINRICH, Katie M. Acute caffeine supplementation does not improve performance in trained CrossFit® athletes. **Sports**, v. 8, n. 4, p. 54, 2020.

THEIN, Lori A.; THEIN, Jill M.; LANDRY, Gregory L. Ergogenic aids. **Physical therapy**, v. 75, n. 5, p. 426-439, 1995.

THEOFILIDIS, George et al. Monitoring exercise-induced muscle fatigue and adaptations: making sense of popular or emerging indices and biomarkers. **Sports**, v. 6, n. 4, p. 153, 2018.

THOMAS, D. Travis; ERDMAN, Kelly Anne; BURKE, Louise M. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 116, n. 3, p. 501-528, 2016.

TIBANA, Ramires A. et al. Two consecutive days of extreme conditioning program training affects pro and anti-inflammatory cytokines and osteoprotegerin without impairments in muscle power. **Frontiers in physiology**, v. 7, p. 260, 2016.

TIBANA, Ramires Alsamir et al. Validity of session rating perceived exertion method for quantifying internal training load during high-intensity functional training. **Sports**, v. 6, n. 3, p. 68, 2018.

TULPPO, Mikko P. et al. Vagal Modulation of Heart Rate During Exercise: Effects of Age and Physical Fitness. **Am J Physiol**, [s.l.], v. 274, n. 2, p.424-429, fev. 1998.

TULPPO, Mikko P., et al. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 274, n. 2, p.H424-H429, fev. 1998.

VALENZUELA, Pedro L. et al. Enhancement of mood but not performance in elite athletes with transcranial direct-current stimulation. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 3, p. 310-316, 2019.

VERBERNE, Anthony JM; OWENS, NEIL C. Cortical modulation of the cardiovascular system. **Progress in neurobiology**, v. 54, n. 2, p.149-168, fev. 1998.

VITOR-COSTA, Marcelo, et al. Improving cycling performance: transcranial direct current stimulation increases time to exhaustion in cycling. **PloS one**, v. 10, n. 12: e0144916. Dez. 2015.

WESTERBLAD, Håkan; BRUTON, Joseph D.; KATZ, Abram. Skeletal muscle: energy metabolism, fiber types, fatigue and adaptability. **Experimental cell research**, v. 316, n. 18, p. 3093-3099, 2010.

WILLIAMS, Nerys. The Borg rating of perceived exertion (RPE) scale. **Occupational Medicine**, v. 67, n. 5, p. 404-405, 2017.

WILLIAMSON, J. W.. The relevance of central command for the neural cardiovascular control of exercise. **Experimental Physiology**, Eua, v. 95, n. 11, p.1043-1048, 31 ago. 2010.

WILLIAMSON, Jw; FADEL, Pj; MITCHELL, Jh. New insights into central cardiovascular control during exercise in humans: a central commandupdate. **Experimetal Physiology**, Eua, v. 91, n. 1, p.51-58, jan. 2006.

WILLIAMSON, J. W.; FADEL, P. J.; MITCHELL, J. H. New insights into central cardiovascular control during exercise in humans: a central commandupdate. **Experimental physiology**, v. 91, n. 1, p.51-58, jan. 2006.

YANG, Dae-Jung; UHM, Yo-Han. The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation Combined High Intensity Interval Training on Aerobic Exercise Capacity of the Soccer Player. **Journal of The Korean Society of Integrative Medicine**, v. 9,n. 4, p. 105-117, 2021.

## **ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESPONTÂNEO**

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa sobre ASPECTOS FISIOLÓGICOS E METODOLÓGICOS DA PRESCRIÇÃO DE EXERCÍCIOS EM DIFERENTES POPULAÇÕES.. Sua participação é voluntária, portanto não obrigatória, mas importante para o desenvolvimento da pesquisa.

**Pesquisadores:** Maicon Teixeira de Almeida e Silvio Rodrigues Marques Neto.

**Projeto:** EFEITOS AGUDOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO DESEMPENHO FÍSICO E NAS CARGAS INTERNAS E EXTERNAS DURANTE UMA SESSÃO DE HIFT.

**Objetivo:** Investigar os efeitos agudos da transcraniana por corrente contínua no desempenho físico e nas cargas internas e externas durante uma sessão de HIFT.

**Procedimentos:** Em um intervalo de 72, participar de sessões de HIFT, sendo submetido à técnica neuromodulatória de Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua quando instruído pelo pesquisador.

Os procedimentos serão realizados em quatro visitas. Na primeira visita serão realizadas avaliações antropométricas para caracterização da amostra (massa corporal, estatura e percentual de gordura). Na segunda o participante realizará uma sessão de HIFT, na terceira visita e quarta visitas será submetido às seguintes condições, de forma cruzada: ETCC anódica (ETCC-a) e condição placebo (sham), seguidas de uma sessão de HIFT.

Riscos e benefícios: Não há relatos de efeitos colaterais adversos nos estudos realizados atualmente envolvendo as técnicas aqui mencionadas, tampouco risco de morte. Contudo, durante a aplicação da estimulação transcraniana por corrente contínua é possível que ocorram relatos de sensação de formigamento, assim como leve vermelhidão no local de aplicação, que cessam após o término da estimulação. A eficácia do método também varia de pessoa para pessoa. O presente estudo poderá beneficiá-lo diretamente, uma vez que fornecerá dados em relação ao tempo de prova e a composição corporal.

- Serão garantidos o anonimato e o sigilo das informações, além da utilização dos resultados exclusivamente para fins científicos.
- Você poderá solicitar informações ou esclarecimentos sobre o andamento da pesquisa em qualquer momento com o pesquisador responsável.
- Sua participação não é obrigatória, podendo retirar-se do estudo ou não permitir a utilização dos dados em qualquer momento da pesquisa.
- Sendo um participante voluntário, você não terá nenhum pagamento e/ou despesa referente à sua participação no estudo.

· Os materiais utilizados para coleta de dados serão armazenados por 5 (cinco) anos, após descartados, conforme preconizado pela Resolução CNS nº. 466 de 12 de dezembro de 2012.

Eu, \_\_\_\_\_, como voluntário da pesquisa, afirmo que fui devidamente informado e esclarecido sobre a finalidade e objetivos desta pesquisa, bem como sobre a utilização das informações exclusivamente para fins científicos. Entendi que meu nome não será divulgado de forma nenhuma e terei a opção de retirar meu consentimento a qualquer momento. Declaro ainda que tenho mais que 18 anos e que participarei por livre e espontânea vontade do projeto de pesquisa conduzido pelo pesquisador MAICON TEIXEIRA DE ALMEIDA.

Niterói, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

\_\_\_\_\_  
Sujeito da pesquisa

\_\_\_\_\_  
Maicon Teixeira de Almeida

\_\_\_\_\_  
Sílvio Rodrigues Marques Neto

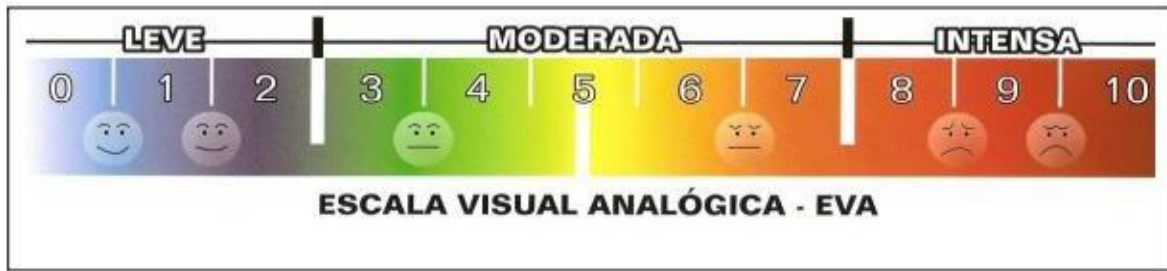


## ANEXO II -PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO

Classificação	Descritor
0	Repouso
1	Muito, Muito Fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Um Pouco Difícil
5	Difícil
6	-
7	Muito Difícil
8	-
9	-
10	Máximo

BORG, G. Borg's perceived exertion and pain scales. **Human kinetics**, 1998.

### ANEXO III – ESCALA VISUAL ANALÓGICA



**ANEXO IV - PAR-Q**

**Por favor, leia atentamente cada questão e marque SIM ou NÃO.**

**Nome:** \_\_\_\_\_

**1) Algum médico já disse que você possui algum problema de coração e que só deveria realizar atividade física supervisionado por profissionais de saúde?**

**( ) sim ( ) não**

**2) Você sente dores no peito quando pratica atividade física?**

**( ) sim ( ) não**

**3) No último mês, você sentiu dores no peito quando pratica atividade física?**

**( ) sim ( ) não**

**4) Você apresenta desequilíbrio devido a tontura e/ou perda de consciência?**

**( ) sim ( ) não**

**5) Você possui algum problema ósseo ou articular que poderia ser piorado pela atividade física?**

**( ) sim ( ) não**

**6) Você toma atualmente algum medicamento para pressão arterial e/ou problema de coração?**

**( ) sim ( ) não**

**7) Sabe de alguma outra razão pela qual você não deve praticar atividade física?**

**( ) sim ( ) não**

**Niterói, \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ de 2022.**

**Assinatura:** \_\_\_\_\_