

Paulo Henrique Caldeira Mesquita

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA
NO DESEMPENHO DE ATLETAS DE TAEKWONDO**

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2019

Paulo Henrique Caldeira Mesquita

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA
NO DESEMPENHO DE ATLETAS DE TAEKWONDO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2019

M578e Mesquita, Paulo Henrique Caldeira
2019 Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua no desempenho de atletas de taekwondo. [manuscrito] / Paulo Henrique Caldeira Mesquita – 2019.
100 f., enc. : il.

Orientador: Maicon Rodrigues Albuquerque

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 73-83

1. Taekwondo – Atletas – Teses. 2. Neurologia – Teses. I. Albuquerque, Maicon Rodrigues. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.015

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danilo Francisco de Souza Lage, CRB 6: n° 3132, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

A Dissertação intitulada "**Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua no desempenho de atletas de taekwondo**", de autoria do mestrando **Paulo Henrique Caldeira Mesquita**, defendida em 22 de fevereiro de 2019, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, foi submetida à banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque (Orientador)
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Profa. Dra. Daniele Detanico
Universidade Federal de Santa Catarina

Belo Horizonte, 22 de fevereiro de 2019.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria Lúcia, por todos os sacrifícios. À minha família, namorada e amigos, por todo o suporte.

Ao meu orientador, professor Maicon Albuquerque, por me receber de braços abertos. Por todas as orientações e todos os ensinamentos que vão além da esfera acadêmica. Pela confiança depositada em mim. Por conseguir ser, de fato, um orientador, e proporcionar todos os meios para que eu pudesse crescer. Pela amizade. Muito obrigado!

A todos os professores e colegas da EEEFTO que contribuíram de alguma forma para a minha formação pessoal e profissional.

Aos companheiros do LEPEC, Darlan, Larissa, Giovanna, Cristiano, Amanda, Thais e Beatriz, por todo o companheirismo e ajuda durante essa jornada.

Aos mestres/professores Cristiano, Marcelo, Guilherme, Edilson, Ralph, Lécio, Diomar e João, pela ajuda que possibilitou a realização deste trabalho.

A todos que ajudaram durante as coletas. Juliana, Ronaldo, Geovan, Gabriel, Alice e Luiz, muito obrigado.

À professora Juliana e aos professores Maicon, Emerson, Guilherme, Cristiano e Marco Aurélio, que contribuíram na escrita dos artigos que foram resultado dessa dissertação.

A todos os atletas que participaram e foram essenciais para que esse trabalho pudesse acontecer.

RESUMO

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica de neuromodulação que tem sido utilizada como recurso ergogênico no contexto esportivo. Após a realização de uma revisão integrativa da literatura é possível constatar que apesar de apresentar resultados promissores, não é possível assegurar a sua efetividade, principalmente devido à grande heterogeneidade dos protocolos de ETCC e de avaliação utilizados. Além disso, poucos estudos foram realizados com atletas e utilizando tarefas complexas específicas das modalidades esportivas. Portanto, o objetivo da presente dissertação foi investigar os efeitos da ETCC no desempenho e nas respostas psicofisiológicas de atletas de taekwondo. Para isso, foram realizados dois experimentos. No experimento I: 12 (8H) atletas de nível internacional/nacional receberam ETCC anódica ou placebo (PLA) sobre o córtex motor primário (M1), de maneira aleatorizada e contrabalanceada. A estimulação foi aplicada com intensidade de 1,5 mA por 15 minutos utilizando uma montagem bi-hemisférica extracefálica. Os atletas executaram o Teste Progressivo Específico para Praticantes de Taekwondo (TET) 10 minutos após a estimulação. A frequência cardíaca (FC) dos indivíduos foi monitorada continuamente durante o teste e a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi registrada ao final de cada estágio e ao final do teste. No experimento II: 19 atletas (12H) de nível internacional/nacional receberam o mesmo tratamento do experimento I. Os atletas executaram saltos com contramovimento e o *Frequency Speed of Kick Test* múltiplas séries (FSKT_{mult}) imediatamente (momento 1) e 60 minutos (momento 2) após a estimulação. Os atletas também reportaram a PSE da sessão em cada momento. No experimento I, não foram encontradas diferenças significativas em nenhuma das variáveis do TET ($p > 0,05$) nem nas respostas da FC ($p > 0,05$) e da PSE ($p > 0,05$) entre as condições ETCC e PLA. No experimento II, o número total de chutes (FSKT_{total}) foi menor na condição ETCC em comparação com a condição PLA ($p < 0,01$). Além disso, FSKT_{total} foi maior no momento 2 ($p < 0,05$). De forma similar, a PSE da sessão foi maior na condição ETCC ($p < 0,05$) e maior no momento 2 ($p < 0,01$). Não foram encontradas diferenças no desempenho do salto com contramovimento ($p > 0,05$). Os resultados combinados desta dissertação demonstraram que a ETCC anódica do M1 com uma montagem bi-hemisférica extracefálica, não alterou o desempenho aeróbio e piorou o desempenho anaeróbio de atletas de taekwondo. Os resultados sugerem que a ETCC anódica do M1 pode não ser benéfica para o desempenho de atletas de taekwondo utilizando tarefas específicas da modalidade.

Palavras-chave: Estimulação cerebral. ETCC. Atletas. Desempenho esportivo.

ABSTRACT

The transcranial direct current stimulation (tDCS) is a neuromodulatory technique used as an ergogenic aid in the sports context. After an integrative review of the literature was carried out, it was possible to verify that, despite some promising effects, it is not possible to ensure its effectiveness, mainly because of the considerable heterogeneity of the tDCS and testing protocols adopted. Furthermore, there are limited studies that investigated athletes performing complex tasks, specific to their sports events. Therefore, the aim of the present dissertation was to investigate the effects of tDCS on the performance and psychophysiological responses of taekwondo athletes. Two experiments were conducted. Experiment I: 12 (8M) international/national level athletes received a-tDCS or sham treatment over the primary motor cortex (M1) in a randomized and counterbalanced manner. The stimulation was delivered at 1.5 mA for 15 minutes, using an extracephalic bi-hemispheric montage. The athletes performed the Progressive Specific Taekwondo Test (PSTT) 10 minutes after the stimulation. The subjects' heart rate (HR) was monitored continuously during the test and their rating of perceived exertion (RPE) were registered at the end of each stage and at test cessation. Experiment II: The experiment II followed the same design of the experiment I, and had a sample of 19 (12M) international/national level. The athletes performed countermovement jumps and the Frequency Speed of Kick Test multiple sets (FSKT_{mult}) immediately (moment 1) and 60 minutes (moment 2) after the stimulation. The athletes should also report their session RPE at each moment. In experiment I, no significant changes were found for any of the variables of the PSTT ($p>0.05$) nor for the HR ($p>0.05$) and RPE ($p>0.05$) responses. In experiment II, the total number of kicks (FSKT_{total}) was lower in the a-tDCS condition compared to the sham condition ($p<0.01$). Further, FSKT_{total} was higher at moment 2 ($p<0.05$). Similarly, the session RPE was higher at the a-tDCS condition ($p<0.05$) and higher at moment 2 ($p<0.05$). There were no differences in the countermovement jump performance ($p>0.05$). The combined results of the present dissertation showed that the a-tDCS of the M1 using an extracephalic bi-hemispheric montage, did not alter the aerobic performance and worsened the anaerobic performance of the taekwondo athletes. The results suggest that the anodal tDCS of the M1 may not be beneficial for the performance of taekwondo athletes in specific tasks.

Keywords: Brain stimulation. TDCS. Athletes. Sports performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo de informações pelas diferentes fases da revisão sistemática	18
Figura 2 – Procedimentos das sessões experimentais do experimento I	49
Figura 3 – Montagem da ETCC	50
Figura 4 – Execução do TET	51
Figura 5 – Procedimentos das sessões experimentais do experimento II	61
Figura 6 – Execução do <i>Frequency Speed of Kick Test</i> múltiplas séries	63
Gráfico 1 – Média e erro padrão do tempo até a exaustão (A) e da frequência de chutes de pico no TET (B)	53
Gráfico 2 – Média e erro padrão da frequência cardíaca (FC) durante o TET	54
Gráfico 3 – Média e erro padrão da percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o TET.....	55
Gráfico 4 – Média e erro padrão da altura do salto com contramovimento	64
Gráfico 5 – Média e erro padrão do número total de chutes (A) e do índice de decréscimo de chutes (B)	65
Gráfico 6 – Média e erro padrão do número de chutes executados em cada série do FSKT _{mult}	66
Gráfico 7 – Média e erro padrão da percepção subjetiva de esforço da sessão	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos artigos que investigaram os efeitos da ETCC na força máxima dinâmica	21
Tabela 2 – Características dos artigos que investigaram os efeitos da ETCC na força máxima isométrica	22
Tabela 3 – Características dos artigos que investigaram os efeitos da ETCC na resistência muscular	24
Tabela 4 – Características dos artigos que investigaram os efeitos da ETCC no desempenho aeróbio	27
Tabela 5 – Características dos artigos que investigaram os efeitos da ETCC em outros aspectos do desempenho físico/esportivo	28
Tabela 6 – Teste Progressivo Específico para Praticantes de Taekwondo	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANOVA - Análise de Variância (sigla em inglês para *Analysis of Variance*)
- CPF - Córtex pré-frontal
- CPF_{DL} - Córtex pré-frontal dorsolateral
- CPM - Córtex pré-motor
- CT - Córtex temporal
- EEFFTO - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
- ETCC - Estimulação transcraniana por corrente contínua
- FC - Frequência cardíaca
- FSKT₁₋₅ - *Frequency Speed of Kick Test* - séries 1 à 5
- FSKT_{mult} - *Frequency Speed of Kick Test* múltiplas séries
- FSKT_{total} - *Frequency Speed of Kick Test* - número total de chutes
- IDC - Índice de decréscimo de chutes
- LEPEC - Laboratório de Estudos e Pesquisas em Esportes de Combate
- M1 - Córtex motor primário
- mA - Miliampères
- PEDro - Base de Dados de Evidências em Fisioterapia (sigla em inglês para *Physiotherapy Evidence Database*)
- PLA - Placebo
- PRISMA - Itens Preferidos para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (sigla em inglês para *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*)
- PSE - Percepção subjetiva de esforço
- PSE-sessão - Percepção subjetiva de esforço da sessão
- PSR - Percepção subjetiva de recuperação
- TET - Teste Progressivo Específico para Praticantes de Taekwondo
- UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 <i>Resultados</i>	17
2.1.1 Quais capacidades físicas são influenciadas pela ETCC?.....	19
2.1.2 Quais características da ETCC estão relacionadas à melhora do desempenho físico/esportivo?.....	19
2.1.3 Quais mudanças psicofisiológicas estão associadas à melhora do desempenho físico/esportivo?.....	20
2.1.4 Qualidade metodológica	20
2.2 <i>Discussão</i>	29
2.2.1 Força máxima dinâmica	29
2.2.2 Força máxima isométrica	31
2.2.3 Resistência muscular	36
2.2.4 Desempenho aeróbio.....	39
2.2.5 Outras capacidades físicas	42
2.3 <i>Conclusão</i>	43
3 OBJETIVO GERAL.....	45
4 EXPERIMENTO I.....	46
4.1 OBJETIVOS	46
4.2 HIPÓTESES	46
4.3 MATERIAIS E MÉTODOS	47
4.3.1 Cuidados éticos	47
4.3.2 Amostra	47
4.3.3 Procedimentos do estudo	47
4.3.3.1 Caracterização da amostra.....	48
4.3.3.2 Sessões experimentais	48
4.3.3.2.1 Percepção Subjetiva de Recuperação	49
4.3.3.2.2 Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua	49
4.3.3.2.3 Teste Progressivo Específico para Praticantes de Taekwondo	50
4.3.3.2.4 Percepção Subjetiva de Esforço	52
4.3.4 Análise Estatística.....	52
4.4 RESULTADOS	53
4.4.1 Percepção Subjetiva de Recuperação	53
4.4.2 Teste Progressivo Específico para Praticantes de Taekwondo	53

4.4.3 Percepção Subjetiva de Esforço	54
4.5 DISCUSSÃO	55
5 EXPERIMENTO II	59
5.1 OBJETIVOS	59
5.2 HIPÓTESES	59
5.3 MATERIAIS E MÉTODOS	59
5.3.1 Cuidados éticos	59
5.3.2 Amostra	60
5.3.3 Procedimentos do estudo	60
5.3.3.1 Familiarização.....	60
5.3.3.2 Sessões experimentais	60
5.3.3.2.1 Percepção Subjetiva de Recuperação	61
5.3.3.2.2. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua	61
5.3.3.2.3 Avaliações de desempenho.....	62
5.3.4 Análise Estatística.....	63
5.4. RESULTADOS	64
5.4.1 Percepção Subjetiva de Recuperação	64
5.4.2 Salto com Contramovimento	64
5.4.3 Frequency Speed of Kick Test múltiplas séries	65
5.4.4 Percepção Subjetiva de Esforço da Sessão	66
5.5 DISCUSSÃO	67
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE I.....	84
APÊNDICE II.....	87
APÊNDICE III	90
APÊNDICE IV	93
APÊNDICE V	94
APÊNDICE VI.....	95
APÊNDICE VII.....	96
ANEXO I.....	97
ANEXO II	98
ANEXO III.....	99
ANEXO IV	100

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário esportivo altamente competitivo, atletas estão próximos dos limites do desempenho humano (BERTHELOT *et al.*, 2015). No entanto, avanços das ciências do esporte e da tecnologia proporcionaram aos atletas uma ampla variedade de métodos que tem como objetivo ultrapassar tais limites e buscar a excelência esportiva. Neste sentido, além de regimes de treinamento intensos, a utilização de recursos ergogênicos tem se tornado cada vez mais popular entre atletas (FRĄCZEK *et al.*, 2016; MACRAE; COTTER; LAING, 2011; WEGMANN *et al.*, 2012). Recentemente, diferentes técnicas de estimulação cerebral, como a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), têm sido utilizadas no contexto esportivo como uma abordagem com o potencial de aumentar o desempenho (COLZATO; NITSCHKE; KIBELE, 2017; REARDON, 2016).

A ETCC é uma técnica de neuromodulação não-invasiva que consiste na aplicação de uma fraca corrente elétrica no escalpo do indivíduo através de dois ou mais eletrodos, com o objetivo de modular a excitabilidade da área cerebral alvo (GEORGE; ASTON-JONES, 2010). Em geral, o eletrodo anodo tem um efeito excitatório, enquanto o eletrodo catodo tem um efeito inibitório (NITSCHKE; PAULUS, 2001). Os efeitos agudos da ETCC são atribuídos principalmente à alterações sublimiares do potencial de repouso da membrana (STAGG; NITSCHKE, 2011; YAVARI *et al.*, 2018). Os efeitos da ETCC podem persistir por até 90 minutos (NITSCHKE; PAULUS, 2001), e os efeitos pós-estimulação estão relacionados a mecanismos similares à potencialização de longo prazo (LIEBETANZ *et al.*, 2002; STAGG; NITSCHKE, 2011). Ainda, destaca-se que a ETCC possui vários parâmetros, incluindo a densidade da corrente, duração da estimulação, posicionamento dos eletrodos e tipo de montagem (cefálica vs. extracefálica), e seus efeitos dependem do protocolo adotado (MONTE-SILVA *et al.*, 2013; YAVARI *et al.*, 2018).

Recentemente, a ETCC tem sido utilizada no contexto esportivo com a promessa de aumentar o desempenho. Vários pesquisadores (ex.: MAEDA *et al.*, 2017; VARGAS *et al.*, 2018; VITOR-COSTA *et al.*, 2015) têm investigado os efeitos da aplicação de ETCC sobre o córtex motor primário (M1) devido ao seu possível papel na execução motora e no desenvolvimento da fadiga supraespinhal. O M1 é um sistema dinâmico e complexo, e o seu *output* condiz com parâmetros intrínsecos aos músculos, como a força e a atividade eletromiográfica (OMRANI *et al.*, 2017). A fadiga supraespinhal é um processo acompanhado por mudanças na excitabilidade do córtex motor e, juntamente com mecanismos periféricos, participa na fadiga muscular (ANGIUS; HOPKER; MAUGER,

2017; GANDEVIA, 2001). Por essa razão, intervenções capazes de aumentar a excitabilidade do M1 podem aumentar o seu *output*, conseqüentemente atrasando o desenvolvimento da fadiga supraespinhal e aumentando o desempenho físico/esportivo. Ainda, em esforços máximos de curta duração, estudos têm demonstrado que a ativação voluntária é na verdade, submáxima, o que sugere que mesmo que os músculos possuam capacidade potencial, o sistema nervoso central falha em gerar a máxima força evocável (GANDEVIA, 2001; GANDEVIA *et al.*, 1996).

Além disso, na tentativa de entender as alterações psicofisiológicas associadas aos efeitos ergogênicos da estimulação do M1, além de medidas da excitabilidade corticoespinhal, pesquisadores têm utilizado medidas de frequência cardíaca (FC) (ex.: ANGIUS *et al.*, 2018; VITOR-COSTA *et al.*, 2015), de ativação muscular (ex.: COGIAMANIAN *et al.*, 2007; KAN; DUNDAS; NOSAKA, 2013) e da percepção subjetiva de esforço (PSE) (ex.: ANGIUS *et al.*, 2015; WILLIAMS; HOFFMAN; CLARK, 2013). Dentre essas medidas, a PSE tem se destacado por sua possível relação com o processo de desenvolvimento da fadiga muscular (ANGIUS; HOPKER; MAUGER, 2017). Durante contrações submáximas repetidas ou sustentadas, ocorre um aumento no *drive* central para compensar o desenvolvimento de fadiga muscular (TAYLOR; GANDEVIA, 2008). Juntamente com o aumento do *drive* central, há um aumento da percepção de esforço e, por isso, acredita-se que a PSE reflita o *output* necessário para executar a ação (GANDEVIA, 2001; JONES, 1995).

Dentre os estudos que investigaram os efeitos da ETCC do M1 no desempenho/físico esportivo, Angius *et al.* (2018), por exemplo, encontraram aumento do tempo até a exaustão em uma tarefa de ciclismo após 10 minutos de estimulação. Os autores acreditam que o maior tempo até a exaustão seja explicado pela menor PSE relatada pelos indivíduos durante o teste. Lattari *et al.* (2017), por sua vez, encontraram melhora do desempenho no salto com contramovimento após 20 minutos de estimulação. Em resumo, esses estudos fornecem indicativos de que a ETCC pode ser capaz de melhorar diferentes aspectos do desempenho físico/esportivo, como o desempenho aeróbio e a potência muscular e, portanto, pode ser benéfica para o desempenho em diferentes modalidades esportivas, como o taekwondo.

O taekwondo é uma modalidade esportiva de combate intermitente caracterizada por curtos períodos de ações de alta intensidade intercalados por períodos de pausa ou ações de baixa intensidade (BRIDGE *et al.*, 2014). Ainda de acordo com Bridge *et al.* (2014), o combate de taekwondo apresenta uma razão de esforço:pausa de 1:2 a 1:7, onde as ações apresentam duração aproximada de $1,3 \pm 0,4$ segundos (SANTOS; FRANCHINI; LIMA-

SILVA, 2011). Por causa dessa característica intermitente, alta demanda é imposta tanto ao sistema aeróbio quanto aos sistemas anaeróbios de fornecimento de energia durante o combate (BRIDGE; JONES; DRUST, 2009; CAMPOS *et al.*, 2012). Acredita-se que o sistema aeróbio seja importante para a recuperação entre ações, rounds e combates (BRIDGE *et al.*, 2014; CAMPOS *et al.*, 2012), enquanto a execução das ações técnico-táticas em alta intensidade, que são decisivas para o combate, dependem dos sistemas anaeróbios (BRIDGE *et al.*, 2014). Além disso, as ações decisivas também impõem alta demanda ao sistema neuromuscular, uma vez que tanto a execução de chutes quanto o desempenho anaeróbio estão relacionados à capacidade do atleta gerar potência muscular (BRIDGE *et al.*, 2014; FRANCHINI, 2016). Portanto, parece sensato assumir que intervenções capazes de influenciar tais aspectos do desempenho, como a ETCC, sejam benéficas para o desempenho de atletas de taekwondo.

Outra característica da ETCC importante para o desempenho esportivo é a possibilidade de seus efeitos persistirem por mais de 60 minutos (NITSCHKE; PAULUS, 2000, 2001). Em competições oficiais de taekwondo, por exemplo, os atletas podem se envolver em vários combates ao longo de um dia (CBTKD, 2017; WTF, 2017) e muitas vezes não é possível saber com grande antecedência o momento exato do combate. Essa característica das competições pode dificultar o planejamento para o melhor momento de aplicação da ETCC em um contexto prático. Portanto, a possibilidade de os efeitos persistirem por mais de 60 minutos pode facilitar esse processo e garantir que os efeitos ergogênicos da ETCC ainda estejam presentes no momento do combate em uma competição.

Por fim, a ETCC é uma técnica segura e de baixo-custo que tem apresentado efeitos promissores no contexto esportivo. No entanto, é importante destacar que os resultados dos estudos ainda são controversos e inconclusivos. Apesar de vários estudos terem encontrado efeitos positivos (ex.: ABDELMOULA; BAUDRY; DUCHATEAU, 2016; COGIAMANIAN *et al.*, 2007; FRAZER *et al.*, 2017; HAZIME *et al.*, 2017; OKANO *et al.*, 2015), é possível encontrar vários estudos que não encontraram tais efeitos (ex.: ANGIUS *et al.*, 2015; FLOOD *et al.*, 2017; HENDY; KIDGELL, 2014; SASADA *et al.*, 2017). Vários fatores podem explicar os resultados controversos encontrados, como o nível dos indivíduos, intensidade e duração da estimulação e o protocolo de avaliação adotado. Um fator específico é a montagem de ETCC adotada. Angius *et al.* (2015), por exemplo, sugeriram que, para a execução de tarefas complexas que envolvem a utilização de ambos os membros, uma montagem extracefálica bi-hemisférica seria mais benéfica do que a montagem cefálica comumente utilizada. Além disso, a maioria dos estudos utilizaram amostras de indivíduos

fisicamente ativos e tarefas não específicas às modalidades esportivas, o que limita a transferência dos resultados para o desempenho de atletas em seus eventos esportivos. Em resumo, é necessária a realização de novos estudos para ampliar o conhecimento sobre os efeitos ergogênicos da ETCC do M1. Além disso, torna-se relevante investigar os efeitos da ETCC com montagem extracefálica bi-hemisférica no desempenho de atletas em tarefas complexas específicas, relevantes para o desempenho na sua modalidade.

Por fim, a presente dissertação tem como estrutura: 1) a realização de uma revisão sistemática da literatura sobre os efeitos da ETCC no desempenho físico/esportivo; 2) a realização de um experimento no qual foi verificado o efeito da estimulação extracefálica bi-hemisférica do M1 no desempenho de atletas de taekwondo em um teste aeróbio específico e nas suas respostas psicofisiológicas; e 3) a realização de um segundo experimento no qual foi verificado o efeito da estimulação extracefálica bi-hemisférica do M1 no desempenho de atletas de taekwondo em um teste anaeróbio específico, no salto com contramovimento e na PSE da sessão, bem como foi verificado se o efeito permaneceria após 60 minutos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Foi realizada uma revisão integrativa (DA MATA *et al.*, 2011; LAGE *et al.*, 2015), de maneira a abordar os efeitos benéficos da ETCC no desempenho físico/esportivo. A revisão adotou as recomendações dos Itens Preferidos para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (PRISMA, sigla em inglês para *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), propostas por Moher *et al.* (2009) e consistiu de vários estágios. O primeiro estágio consistiu na elaboração das perguntas de investigação que necessitavam ser respondidas em relação ao tópico. No segundo estágio, critérios de elegibilidade foram determinados e estratégias de busca formuladas para a identificação de artigos relevantes. Depois da triagem dos artigos encontrados, os selecionados tiveram os dados extraídos e a qualidade metodológica avaliada. Um resumo dos achados foi então fornecido. Finalmente, os achados foram interpretados e um relatório final foi fornecido.

As seguintes questões foram formuladas para guiar a revisão: 1) Quais capacidades físicas são influenciadas pela ETCC?; 2) Quais características da ETCC (ex.: local de estimulação, montagem dos eletrodos, intensidade da estimulação) estão relacionadas à melhora do desempenho físico/esportivo?; 3) Quais mudanças psicofisiológicas estão associadas à melhora do desempenho físico/esportivo?

As bases de dados PubMed, Web of Science (Todas as bases de dados) e Scopus foram utilizadas para encontrar artigos publicados até o dia 21 de julho de 2018. Diferentes estratégias de busca foram adotadas porque a efetividade da busca mudou de acordo com as diferentes bases de dados. Na base de dados PubMed, a ferramenta de busca avançada foi utilizada para combinar as seguintes entradas com o operador booleano “AND”: (“*Transcranial Direct Current Stimulation*” OR tDCS), (*athlete* OR *healthy*) e (*sports* OR *performance* OR *exercise*), em todos os campos. Na base de dados Web of Science, a ferramenta de busca avançada também foi utilizada para conduzir a mesma estratégia de busca utilizada para a PubMed, no campo “tópicos”. Na base de dados Scopus, a seguinte busca foi realizada na ferramenta de busca por documentos, em todos os campos: (“*Transcranial Direct Current Stimulation*” AND *healthy* AND *exercise* AND *performance*).

Todos os resultados das buscas foram exportados para uma planilha em Excel para que as duplicatas fossem removidas de forma automática. Os títulos e resumos dos artigos restantes foram triados e os seguintes critérios de inclusão aplicados: 1) artigos originais publicados em inglês; 2) artigos que utilizaram amostras de seres humanos

saudáveis; 3) artigos com amostras de adolescentes ou adultos jovens; 4) artigos que avaliaram os efeitos da ETCC em pelo menos uma capacidade física ou tarefa relacionada ao desempenho esportivo; 5) artigos que compararam os efeitos da ETCC a pelo menos uma condição de controle. Portanto, foram excluídos artigos com amostras de animais, idosos, humanos com qualquer patologia e revisões e artigos de opinião. Quando necessário, o artigo foi lido por completo. Uma busca reversa da lista de referências dos artigos selecionados foi conduzida e artigos adicionais que satisfizeram os critérios de elegibilidade previamente apresentados foram incluídos.

Para a extração de dados, todos os artigos selecionados foram examinados por completo. Uma lista de checagem foi utilizada para guiar a extração de dados: 1) Características da amostra; 2) Características da ETCC; 3) Tarefa investigada; 4) Protocolo de avaliação; 5) Momento da avaliação; 6) Resultados da avaliação; 7) Principais mudanças psicofisiológicas.

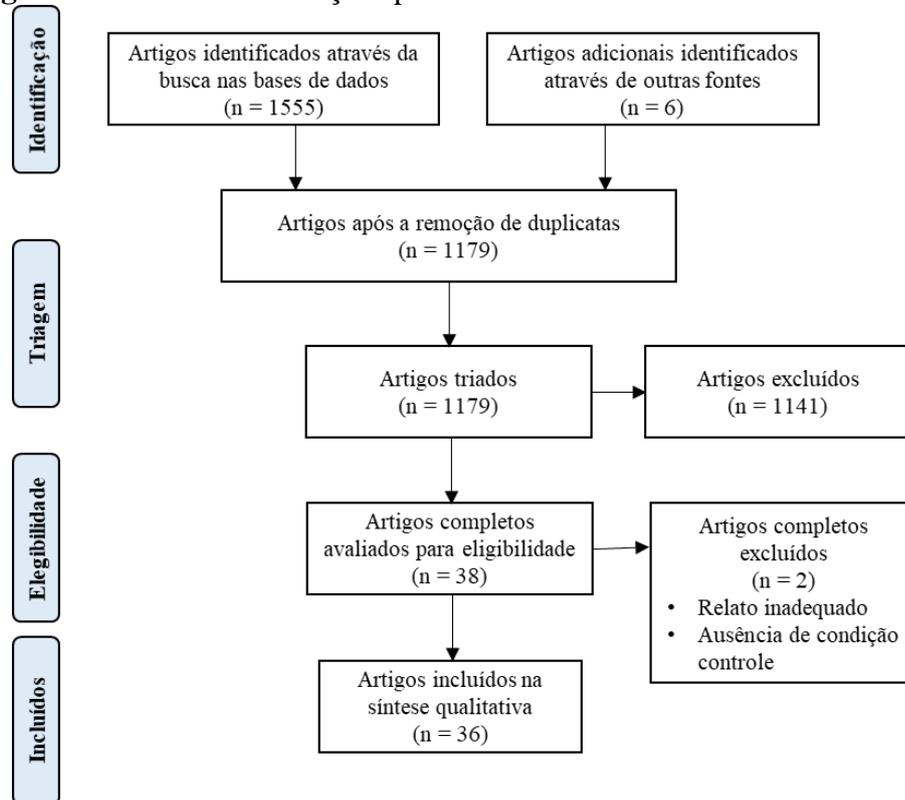
Além disso, a qualidade metodológica dos artigos incluídos foi avaliada através da escala da Base de Dados de Evidências em Fisioterapia (PEDro, sigla em inglês para *Physiotherapy Evidence Database*), composta por 11 itens: 1) especificação dos critérios de elegibilidade da amostra; 2) alocação aleatória dos participantes; 3) alocação secreta; 4) dados basais; 5) cegamento dos sujeitos; 6) cegamento dos terapeutas; 7) cegamento dos avaliadores; 8) medidas de pelo menos um resultado-chave de mais de 85% dos participantes; 9) análise da intenção de tratar-se; 10) descrição de comparações estatísticas entre-grupos; 11) medidas de precisão e de variabilidade (MAHER *et al.*, 2003). Como recomendado, o primeiro item não foi utilizado para calcular a pontuação PEDro e, portanto, cada artigo foi avaliado em uma escala de 0 a 10. Um ponto foi concedido à cada item claramente satisfeito, de acordo com as definições operacionais da escala (MAHER *et al.*, 2003).

2.1 Resultados

As estratégias de busca resultaram em um total de 1555 artigos (PubMed: n=371; Web of Science: n=446; Scopus: n=738). Durante o processo de triagem, 376 duplicatas foram identificadas, outros 1141 artigos não satisfizeram os critérios de seleção e, portanto, foram excluídos. Seis artigos adicionais foram encontrados através da estratégia de busca reversa da lista de referência dos artigos restantes. Trinta e oito artigos foram lidos por completo, e 2 foram excluídos, um devido à descrição inadequada que impossibilitou o entendimento dos procedimentos do estudo, e outro devido à falta de comparações estatísticas

à uma condição de controle. Finalmente, 36 artigos foram incluídos na síntese qualitativa (Figura 1).

Figura 1. Fluxo de informações pelas diferentes fases da revisão sistemática



Fonte: Do autor, 2018

O número de indivíduos avaliados variou de 6 a 30. Do total de 535 indivíduos, 355 (66,3%) eram homens, 165 (30,8%) mulheres e 15 (2,8%) não foram relatados. Em relação ao nível dos indivíduos, 138 (25,8%) não foram relatados, 169 (31,6%) foram relatados como não-treinados, 105 (19,6%) como ativos, 62 (11,6%) como treinados, e apenas 61 (11,4%) como atletas.

A maioria dos artigos (n=32, 88,9%) investigou os efeitos de uma única sessão de ETCC no desempenho físico/esportivo. Trinta e dois (88,9%) artigos aplicaram a ETCC antes da tarefa avaliada e, dos artigos que investigaram os efeitos da aplicação crônica da ETCC (n=4), 3 (75%) deles a aplicaram durante o treinamento de força. Em relação à área cerebral estimulada, o córtex motor foi a principal área (n=27, 75%), seguida pelo córtex temporal (CT) (n=5, 13,8%), o córtex pré-frontal dorsolateral (CPF DL) (n=3, 8,3%), e o córtex pré-frontal (CPF) (n=1, 2,8%). A intensidade da estimulação foi de 2 mA (n=31, 86,1%) ou de 1,5 mA (n=6, 16,6%), enquanto a duração utilizada foi 20 minutos (n=17, 47,2%), 10 minutos (n=13, 36,1%), 15 minutos (n=2, 5,5%) e outras (n=5, 13,8%). Em relação ao tamanho dos

eletrodos, a maioria dos estudos utilizou 35cm² (anodo: n=19, 52,7%; catodo: n=21, 58,3) e 25cm² (anodo: n=7, 19,4%; catodo: n=6, 16,7%).

2.1.1 Quais capacidades físicas são influenciadas pela ETCC?

Vários artigos avaliaram mais de uma capacidade física e, portanto, o número total relatado aqui é maior que o número de artigos incluídos na revisão. Quatro artigos (11,1%) avaliaram força máxima dinâmica, 15 artigos (41,7%) avaliaram força máxima isométrica, 18 (50%) avaliaram resistência muscular, 7 (19,4%) avaliaram desempenho aeróbio e 3 (8,3%) avaliaram outras capacidades físicas, como flexibilidade e potência muscular. No geral, 21 (58,3%) artigos encontraram melhora em pelo menos uma variável avaliada. Dois (50%) artigos encontraram melhora na força máxima dinâmica, 5 (33,3%) na força máxima isométrica, 8 (44,4%) na resistência muscular, 4 (57,1%) no desempenho aeróbio e 2 (66,6%) em outras capacidades físicas. Deve-se destacar que todos os resultados reportados nessa revisão se referem à condição de ETCC anódica em comparação às condições de placebo ou controle, a menos que especificado de outra maneira.

2.1.2 Quais características da ETCC estão relacionadas à melhora do desempenho físico/esportivo?

Dos 21 artigos que encontraram melhora em pelo menos uma capacidade física, 19 (90,5%) aplicaram ETCC de forma aguda e antes da execução da tarefa. Dezesete (80,9%) artigos utilizaram a intensidade de 2 mA e 4 (19%) de 1,5 mA. Em relação à duração da estimulação, 11 (52,4%) utilizaram 20 minutos e 9 (38,1%) utilizaram 10 minutos, enquanto as durações de 13 e 15 minutos foram utilizadas apenas em 1 (4,8%) artigo cada. O anodo foi posicionado sobre o M1 contralateral em 11 (52,4%) artigos, sobre ambos os M1 em 1 (4,8%) artigo, sobre o vértex e CPFDL em 3 (14,3%) artigos cada, e sobre o CT em 2 (9,5%) artigos. O catodo foi posicionado sobre a área supraorbital em 16 (76,2%) artigos, no ombro em 4 (19%), e na protuberância occipital em 1 (4,8%) artigo. Em relação ao tamanho do eletrodo, o anodo teve 35 cm² em 15 (71,4%) artigos, 25 cm² em 3 (14,3%) e 3 (14,3%) artigos utilizaram outros tamanhos. O catodo teve 35 cm² em 17 (80,9%) artigos, 25 cm² em 2 (9,5%) e 2 (9,5%) artigos utilizaram outros tamanhos.

2.1.3 *Quais mudanças psicofisiológicas estão associadas à melhora do desempenho físico/esportivo?*

Dos 21 artigos que encontraram melhoras no desempenho, 10 (47,6%) também encontraram mudanças nas medidas psicofisiológicas. Três (30%) encontraram melhoras em medidas de excitabilidade corticoespinal, 2 (20%) na ativação muscular, 6 (60%) na percepção de esforço, 2 (20%) na frequência cardíaca, 1 (10%) na oxigenação cerebral e 1 (10%) na concentração de lactato sanguíneo. As características da ETCC relacionadas à melhora do desempenho físico/esportivo e as mudanças psicofisiológicas associadas a tal melhora de acordo com cada capacidade física estão apresentadas nas Tabelas 1-5.

2.1.4 *Qualidade metodológica*

A análise da qualidade metodológica de todos os estudos incluídos na revisão resultou em uma pontuação PEDro média de 6,19 ($\pm 1,33$). A pontuação PEDro dos artigos que investigaram força máxima dinâmica, força máxima isométrica, resistência muscular, desempenho aeróbio e outras capacidades físicas foi 7,5 ($\pm 0,5$), 5,9 ($\pm 1,6$), 5,7 ($\pm 1,4$), 6,4 ($\pm 1,0$), e 6,7 ($\pm 1,5$), respectivamente. Três artigos (8,33%) receberam uma pontuação inferior a 5 pontos (KRISHNAN *et al.*, 2014; MUTHALIB *et al.*, 2013; TANAKA *et al.*, 2009). No entanto, nenhum artigo foi removido da síntese qualitativa, mas terão sua qualidade metodológica considerada na seção de discussão.

Tabela 1. Características dos artigos que investigaram os efeitos da ETCC na força máxima dinâmica

Artigos	Amostra	Características da estimulação						Características do protocolo de avaliação				
		Tipo	Momento	Int (mA)	Dur (min)	Posicionamento e tamanho dos eletrodos (cm ²)		Tarefa	Teste	Momento	Resultados	Medidas psicofisiológicas
						Anodo	Catodo					
Hendy&Kidgell, 2013	n=30 (18H, 12M) não-treinados	Crônica (9 sessões)	Durante o treinamento	2	20	M1 E. (25)	ASO D. (25)	Extensão de punho unil. (D., dominante)	1 RM	48 - 72h após a última sessão de treinamento	↔ 1 RM	↑ PEMamp ↓ ICCP ↔ PS, espessura muscular
Hendy et al., 2015	n=24 (9H, 15M) não-treinados	Crônica (6 sessões)	Durante o treinamento	1,5	15	M1 D. (25)	ASO E. (25)	Flexão de cotovelo unil. (D.: dominante, treinado; E.: não-treinado)	1 RM	5 min e 48h após a última sessão de treinamento	↑ 1 RM do braço não-treinado 48h após o treinamento ↔ 1 RM do braço treinado	↑ PEMamp 48h após o treinamento ↓ ICCP 48h após o treinamento ↔ Ativação cruzada
Frazer et al., 2017	n=13 (8H, 5M) não-treinados	Aguda	Antes da tarefa	2	20	M1 D. (25)	ASO E. (25)	Flexão de cotovelo unil. (E., não-treinado, não-dominante)	1 RM	NR	↑ 1 RM do braço não-treinado	↔ PEMamp, PS, Ativação cruzada
Hendy&Kidgell, 2014	n=10 (5H, 5M) não-treinados	Aguda	Durante o treinamento	2	20	M1 D. (25)	ASO E. (25)	Extensão de punho unilateral (D., dominante, treinado; E., não-treinado)	1 RM	NR	↔ 1 RM do braço não-treinado	↔ PEMamp, ICCP, Ativação-cruzada

Legenda: H, homem; M, mulher; Int, intensidade; mA, miliampères; Dur, duração; min, minutos; cm, centímetros; M1, córtex motor primário; E, esquerdo; D, direito; ASO, área supraorbital; unil, unilateral; RM, repetição máxima; h, horas; NR, não reportado; PEMamp, amplitude do potencial evocado motor; ICCP, intervalo cortical de curto prazo; PS, período de silêncio

Tabela 2. Características dos artigos que investigaram os efeitos da ETCC na força máxima isométrica

Artigos	Amostra	Características da estimulação						Características do protocolo de avaliação				
		Tipo	Momento	Int (mA)	Dur (min)	Posicionamento e tamanho dos eletrodos (cm ²)		Tarefa	Teste	Momento	Resultados	Medidas psicofisiológicas
						Anodo	Catodo					
Hazime et al., 2017	n=8 M atletas	Aguda	Antes/ Durante a Tarefa	2	20	M1 cont. (35)	ASO ipsi. (35)	Rotação interna e externa de ombro (dominante)	CVIM	Durante a ETCC (após 13 min), 30 e 60 min após a ETCC	↑ CVIM durante, 30 e 60 min após a ETCC	NI
Krishnan et al., 2014	n=18 (14H, 4M) NR	Aguda	Antes da tarefa	2	10	M1 E. (16)	ASO D. (54)	Flexão unil de cotovelo Extensão unil de cotovelo (D., dominante)	CVIM	6 min após a ETCC	↑ CVIM dos flexores e extensores de cotovelo	↑ EMG do bíceps e tríceps
Frazer et al., 2016	n=14 (6H, 8M) não-treinados	Crônica (4 sessões)	Antes da tarefa	2	20	M1 E. (25)	ASO D. (35)	Flexão e extensão unil. de punho (D., dominante)	CVIM	24h após a última sessão de ETCC	↑ CVIM dos flexores de punho ↔ CVIM dos extensores de punho	↑ PEMamp dos flexores do punho; Ativação cortical voluntária ↓ PS ↔ ICCP, PEMamp dos extensores de punho
Angius et al., 2018	n=12 (8H, 4M) rec ativos	Aguda	Antes da tarefa	2	10	M1 D. e E. (35)	Ombros ipsi. (25)	Extensão de joelho unil (D.)	CVIM	5 min após a ETCC	↔ CVIM	↑ PEMamp
Kan et al., 2013	n= 15 H NR	Aguda	Antes da tarefa	2	10	M1 D. (24)	Ombro D. (24)	Flexão de cotovelo unil. (E., não-dominante)	CVIM	NR	↔ CVIM	NI
Tanaka et al., 2009	n=10 (8H, 2M) NR	Aguda	Antes/ Durante a Tarefa	2	10	M1 D. (35)	ASO E. (35)	Movimento de pinça dos dedos dos pés e das mãos (E., não-dominante)	CVIM	Durante a ETCC, 30 e 60 min após a ETCC	↑ Força máxima de pinça dos dedos dos pés ↔ Força máxima dos dedos das mãos	NI
Radel et al., 2017	n=22 (13H, 9M) NR	Aguda	Antes/ Durante a Tarefa	2	10 + duração da tarefa	Mont. 1: CPF Mont. 2: CPM (NR)	4 ao redor do anodo (ETCC HD) (NR)	Flexão de cotovelo unil. (E., não-dominante)	CVIM	Imediatamente e após a ETCC	↔ CVIM	↔ EMG

Tabela 2. Continuação

Cogiamanian et al., 2007	n=24 (10H, 14M) não fisculturistas	Aguda	Antes da tarefa	1.5	10	M1 D. (35)	Ombro D. (35)	Flexão de cotovelo unil. (E., não- dominante)	CVIM	Imediatamente e após a ETCC	↔ CVIM	↔ EMG
Williams et al., 2013	n=18 (9H, 9M) não-treinados	Aguda	Durante a tarefa	1.5	Duração da tarefa (20 min max)	M1 D. (35)	ASO E. (35)	Flexão de cotovelo unil. (E., não- dominante)	CVIM	No momento de exaustão	Grupo “tempo total”: ↓ CVIM (maior decréscimo) Grupo “tempo parcial”: ↔ CVIM	Grupo “tempo total”: ↔ PEMamp
Lampropoulou & Nowicky, 2013	n=12 (4H, 8M) NR	Aguda	Antes da tarefa	1.5	10	M1 E. (24.2)	Ombro E. (24.2)	Flexão de cotovelo unil. (D., dominante)	CVIM	5, 20, e 45 min após a ETCC	↔ CVIM	↔ PEM
Flood et al., 2017	n=12 H não-treinados	Aguda	Antes da tarefa	2	20	M1 cont. (NR)	4 ao redor do anodo (ETCC HD) (NR)	Extensão de joelho unil. (não- dominante)	CVIM	NR	↔ CVIM	↔ Motivação
Angius et al., 2016	n=9 H rec ativos	Aguda	Antes da tarefa	2	10	Mont. 1: M1 E. Mont. 2: M1 E. (12)	Mont. 1: F4 Mont. 2: Ombro (12)	Extensão de joelho unil. (D.)	CVIM	NR	↔ CVIM	↔ Fadiga central e periférica, PEMarea, PS, Oxigenação cortical
Abdelmoula et al., 2016	n=11 (8H, 3M) não-treinados	Aguda	Antes da tarefa	1.5	10	M1 E. (35)	Ombro D. (35)	Flexão de cotovelo unil. (D.)	CVIM	NR	↔ CVIM	↔ PEMamp, PS
Vargas et al., 2018	n=20 M atletas	Aguda	Antes/ Durante a Tarefa	2	20	M1 cont. (35)	ASO ipsi. (35)	Extensão de joelho unil. (dominante e não-dominante)	CVIM	Durante a ETCC (após 13 min), 30 e 60 min após a ETCC	↑ CVIM (perna dominante) durante, 30 e 60 min após a ETCC ↔ CVIM (perna não-dominante) durante, 30 e 60 min após a ETCC	NI
Giboin & Gruber, 2018	n=14 H NR	Aguda	Exp 1: Durante a tarefa Exp 2: Antes da tarefa	2	10	M1 (35)	ASO (35)	Extensão de joelho unil. (D.)	CVIM	Exp 1: Durante a ETCC Exp 2: 10min após a ETCC	Exp 1: ↔ 1° CVIM Exp 2: ↔ 1° CVIM	Exp 1: ↓ EMG; Disparo potencializado Exp 2: ↔ EMG; ↑ Disparo potencializado

Legenda: H, homem; M, mulher; Int, intensidade; mA, miliampères; Dur, duração; min, minutos; cm, centímetros; Mont., montagem; M1, córtex motor primário; CPF, córtex pré-frontal; CPM, córtex pré-motor; cont., contralateral; E, esquerdo; D, direito; ASO, área supraorbital; unil, unilateral; ETCC, estimulação transcraniana por corrente contínua, HD, *high-definition*; h, horas; NR, não reportado; NI, não investigado; CVIM, contração voluntária isométrica máxima; PEMamp, amplitude do potencial evocado motor; ICCP, intervalo cortical de curto prazo; PS, período de silêncio; EMG, eletromiografia;

Tabela 3. Características dos artigos que investigaram os efeitos da ETCC na resistência muscular

Artigos	Amostra	Características da estimulação						Características do protocolo de avaliação				
		Tipo	Momento	Int (mA)	Dur (min)	Posicionamento e tamanho dos eletrodos (cm ²)		Tarefa	Teste	Momento	Resultados	Medidas psicofisiológicas
						Anodo	Catodo					
Krishnan et al., 2014	n=18 (14H, 4M) NR	Aguda	Antes da tarefa	2	10	M1 E. (16)	ASO D. (54)	Flexão de extensão de cotovelo unil (D., dominante)	CI submáximas	6 min após a ETCC	NI	↑ EMG do bíceps (agonista) com 37,5% e 50% da CVIM; ↔ EMG do tríceps (antagonista) nas CI submáximas
Kan et al., 2013	n= 15 H NR	Aguda	Antes da tarefa	2	10	M1 D. (24)	Ombro D. (24)	Flexão de cotovelo unil. (E., não-dominante)	IF com 30% da CVIM	NR	↔ TF	↔ EMG, percepção de dor
Muthalib et al., 2013	n= 15 H NR	Aguda	Antes da tarefa	2	10	M1 D. (24)	Ombro D. (24)	Flexão de cotovelo unil. (E.)	IF com 35% da CVIM	~10 min após a ETCC	↔ TF	↔ Oxigenação cortical
Lattari et al., 2018b	n=15 NR avançados em TR	Aguda	Antes da tarefa	2	20	CPFD L E. (35)	ASO D. (35)	Exercício “leg press”	Repetições máximas com a cargas de 10RM	NR	↑ Volume	↔ PSE
Radel et al., 2017	n=22 (13H, 9M) NR	Aguda	Durante a tarefa	2	10 + duração da tarefa	Mont.1 : CPF Mont.2 : CPM (NR)	4 ao redor do anodo (ETCC-HD) (NR)	Flexão de cotovelo unil. (E., não-dominante)	IF com 35% da CVIM	Durante a ETCC (após 10 min)	↔ TF	↓ Oxigenação do CPF com a mont 1 (menor decréscimo) ↔ PSE, EMG, oxigenação do CPM
Cogiamanian et al., 2007	n=24 (10H, 14M) não fisiculturistas	Aguda	Antes da tarefa	1,5	10	M1 D. (35)	Ombro D. (35)	Flexão de cotovelo unil. (E., não-dominante)	IF com 35% da CVIM	Imediatamente e após a ETCC	↑ TF (menor decréscimo) ↔	↔ EMG
Montenegro et al., 2015	n=14 H avançados em TR	Aguda	Antes da tarefa	2	20	M1 E. (35)	ASO D. (35)	Flexão e extensão de joelho unil. (D., dominante)	3 séries de 10 RM	10 min após a ETCC	Trabalho total, % fadiga, potência	↔ EMG
Montenegro et al., 2016	n=13 H avançados em TR	Aguda	Antes da tarefa	2	20	M1 E. (35)	ASO D. (35)	Leg press 45°; supino; extensão de joelho unil.; remada sentado; flexão de joelho; elevação frontal	3 séries de 10 rep com 85% de 8-12 RM	Ao final de cada série	NI	↔ PSE geral ↓ PSE na 2ª série do supino e na 1ª da remada sentado

Tabela 3. Continuação

Williams et al., 2013	n=18 (9H, 9M) não-treinados	Aguda	Durante a tarefa	1,5		Dur da tarefa (máximo 20 min)	M1 D. (35)	ASO E. (35)	Flexão de cotovelo unil. (E., não-dominante)	IF com 20% da CVIM	Durante a ETCC	Grupo "tempo total": ↑ TF Grupo "tempo parcial": ↔ TF	Grupo "tempo total": ↓ PSE; ↔ PEMamp
Lampropoulou & Nowicky, 2013	n=12 (4H, 8M) NR	Aguda	Antes da tarefa	1,5	10		M1 E. (24,2)	Ombro E. (24,2)	Flexão de cotovelo unil. (D., dominante)	CI submáximas (3-5 s) com 30%, 50%, e 70% da CVIM	5, 20, e 45 min após a ETCC	NI	↔ PSE, EMG, PEM
Flood et al., 2017	n=12 H não-treinados	Aguda	Antes da tarefa	2	20		M1 cont. (NR)	4 ao redor do anodo (ETCC HD) (NR)	Extensão de joelho unil. (não-dominante)	IF com 30% da CVIM	20 min após a ETCC	↔ TF	↑ Inibição da dor ↔ Motivação
Ciccione et al., 2018	n=20 (10H, 10M) ativos	Aguda	Antes da tarefa	2	30		Mont. 1: CT E. Mont. 2: CT D. (25)	Mont. 1: Fp2 Mont. 2: Fp1 (25)	Extensão de joelho unil.(D.)	50 contrações concêntricas isocinéticas máximas	~5 min após a ETCC	↔ Torque médio e índice de fadiga	↔ VFC (exceto a variável SD2)
Maeda et al., 2017	n=24 (12H, 12M) NR	Crônica (7 sessões)	Durante o treinamento	2	10		M1 cont. (25)	Braço ipsi. (25)	Flexão e extensão de joelho unil. (não-dominante: treinado; dominante: não-treinado)	Contrações excêntricas isocinéticas máximas	Durante o treinamento e 48-72h após a última sessão de treinamento	↔ Força dos extensores e flexores das pernas treinada e não-treinada durante e após a ETCC	NI
Angius et al., 2016	n=9 H ativos	Aguda	Antes da tarefa	2	10		Mont. 1: M1 E. Mont. 2: M1 E. (12)	Mont. 1: F4 Mont; 2: Ombro (12)	Extensão de joelho unil.(D.)	IF com 20% da CVIM	NR	↑ TF com Mont. 2	↓ PSE com Mont. 2 ↔ [La], FC, Dor, EMG, Fadiga central e periférica, PEMarea, PS, Oxigenação cortical
Magalhães Sales et al., 2016	n=19 H ativos	Aguda	Antes da tarefa	2	20		CT E. (35)	ASO D. (35)	Extensão de joelho unil.(D.)	2 séries de 5 contrações concêntricas isocinéticas máximas	NR	↑ Trabalho total ↔ Pico do torque, potência média	NI
Abdelmoula et al., 2016	n=11 (8H, 3M) não-treinados	Aguda	Antes da tarefa	1,5	10		M1 E. (35)	Ombro D. (35)	Flexão de cotovelo unil. (D.)	IF com 35% da CVIM	NR	↑ TF	↔ PSE, EMG, PEMamp, PS

Tabela 3. Continuação

Lattari et al., 2016	n= 10 H experientes em TR	Aguda	Antes da tarefa	2	20	CPFDL E. (35)	ASO D. (35)	Flexão de cotovelo bilateral	Máximo de rep com a carga de 10 RM	Imediatamente após a ETCC	↑ Volume total	↓ PSE
Giboin& Gruber, 2018	n=14 H NR	Aguda	Exp 1: Durante a tarefa Exp 2: Antes da tarefa	2	10	M1 (35)	ASO (35)	Extensão de joelho unil.(D.)	35 CVIM	Exp 1: Durante a ETCC Exp 2: 10min após a ETCC	Exp 1: ↓ amplitude da CVIM; Exp 2: ↓ amplitude da CVIM;	Exp 1: ↓ EMG; Disparo potencializado Exp 2: ↔ EMG; ↑ Disparo potencializado

Legenda: H, homem; M, mulher; TR, treinamento resistido; Exp, experimento; Int, intensidade; mA, miliampères; Dur, duração; min, minutos; cm, centímetros; M1, córtex motor primário; CT, córtex temporal; CPF, córtex pré-frontal; CPM, córtex pré-motor; CPFDL, córtex pré-frontal dorsolateral; cont., contralateral; ipsi, ipsilateral; E, esquerdo; D, direito; ASO, área supraorbital; unil, unilateral; ETCC, estimulação transcraniana por corrente contínua, HD, *high-definition*; h, horas; NR, não reportado; NI, não investigado; CVIM, contração voluntária isométrica máxima; IF, isometria até a fadiga; CI, contrações isométricas; TF, tempo até a falha; PEMamp, amplitude do potencial evocado motor; PS, período de silêncio; EMG, eletromiografia; PSE, percepção subjetiva de esforço; FC, frequência cardíaca; [La], concentração sanguínea de lactato; VFC, variabilidade da frequência cardíaca

Tabela 4. Características dos artigos que investigaram os efeitos da ETCC no desempenho aeróbio

Artigos	Amostra	Características da estimulação						Características do protocolo de avaliação				
		Tipo	Momento	Int (mA)	Dur (min)	Posicionamento e tamanho dos eletrodos (cm ²)		Tarefa	Teste	Momento	Resultados	Medidas psicofisiológicas
						Anodo	Catodo					
Angius et al., 2018	n=12 (8H, 4M) ativos	Aguda	Antes da tarefa	2	10	M1 D. e E. (35)	Ombros ipsi. (25)	Ciclismo	Teste até a falha a 70% da PP	5 - 10 min após a ETCC	↑ TF	↑ FC e [La] no momento da falha, PEMamp ↓ PSE durante o teste ↔ FC e dor durante o teste; PSE e dor no momento da falha
Okano et al., 2017	n=13 H não-treinados	Aguda	Antes da tarefa	2	20	CT E. (35)	ASO D. (35)	Ciclismo	30 min de ciclismo a 120% do limiar da variabilidade da FC	NR	NI	↔ Respostas afetivas, PSE, FC, VFC
Lattari et al., 2018a	n=11 M ativos	Aguda	Antes da tarefa	2	20	CPF DL E. (35)	ASO D. (35)	Ciclismo	Teste até a falha a 100% da PP	Imediatamente após a ETCC	↑ TF	↔ PSE
Angius et al., 2015	n=9 H ativos	Aguda	Antes da tarefa	2	10	M1 E. (12)	CPF DL D. (12)	Ciclismo	Teste até a falha a 70% da PP	7 min após a ETCC	↔ TF	↔ Dor, PSE, FC, VO ₂ , Ve, [La]
Barwood et al., 2016	Exp 1: 6 H Exp 2: 8 H ativos	Aguda	Antes da tarefa	Exp 1: 1,5 Exp 2: 2	20	CT E. Exp1: (3,5) Exp2: (4,5)	ASO D. Exp1: (3,5) Exp2: (4,5)	Ciclismo	Exp 1: 20km contrarrelógio Exp 2: 25min a 55% da PP + teste até a falha a 75% da PP	Imediatamente após a ETCC	Exp 1: ↔ Potência média, tempo no contrarrelógio, pacing Exp 2: ↔ TF	Exp1: ↔ FC, [La], PSE Exp2: ↔ Temperatura, FC, PSE, sensação e conforto térmico
Okano et al., 2015	n= 10 H atletas	Aguda	Antes da tarefa	2	20	CT E. (35)	ASO D. (35)	Ciclismo	Teste incremental máximo	NR	↑ TF, PP	↑ Limiar da VFC ↓ FC, PSE
Vitor-Costa et al., 2015	n=11 H ativos	Aguda	Antes da tarefa	2	13	Vértex (36)	Protuberância occipital (35)	Ciclismo	Teste até a falha a 80% da PP	~10min após a ETCC	↑ TF	↔ PSE, FC, EMG, Humor

Legenda: H, homem; M, mulher; Exp, experimento; Int, intensidade; mA, miliampères; Dur, duração; min, minutos; cm, centímetros; M1, córtex motor primário; CT, córtex temporal; CPF DL, córtex pré-frontal dorsolateral; ipsi., ipsilateral; E, esquerdo; D, direito; ASO, área supraorbital; ETCC, estimulação transcraniana por corrente contínua; NR, não reportado; NI, não investigado; PP, potência-pico; TF, tempo até a falha; PEMamp, amplitude do potencial evocado motor; PS, período de silêncio; EMG, eletromiografia; PSE, percepção subjetiva de esforço; FC, frequência cardíaca; [La], concentração sanguínea de lactato; VFC, variabilidade da frequência cardíaca; Ve, ventilação

Tabela 5. Características dos artigos que investigaram os efeitos da ETCC em outros aspectos do desempenho físico/esportivo

Artigos	Amostra	Características da estimulação						Características do protocolo de avaliação				
		Tipo	Momento	Int (mA)	Dur (min)	Posicionamento e tamanho dos eletrodos (cm ²)		Tarefa	Teste	Momento	Resultados	Medidas psicofisiológicas
						Anodo	Catodo					
Lattari et al., 2017	n=10 H avançados em TR	Aguda	Antes da tarefa	2	20	Vértex (35)	ASO D. (35)	Salto	Salto com contramovimento	NR	↑ altura, tempo de voo, e potência-pico do salto	NI
Mizuno & Aramaki, 2016	n=8 H NR	Aguda	Antes da tarefa	2	10	Vértex (35)	ASO (35)	Flexão de punho e tornozelo (E., não-dominante)	ADM passiva	10 min após a ETCC	↑ ADM do tornozelo na condição catódica ↔ ADM do punho e torque passivo do tornozelo	NI
Sasada et al., 2017	n=23 (17H, 6M) atletas	Aguda	Antes da tarefa	2	15	Vértex (35)	ASO D. (35)	Ciclismo	30 seg de sprint máximo	3 min após a ETCC	↔ Potência-pico e potência média	NI

Legenda: H, homem; M, mulher; TR, treinamento resistido; NR, não reportado; Int, intensidade; mA, miliampères; Dur, duração; min, minutos; ASO, área supraorbital; D., direito; E., esquerdo; ADM, amplitude de movimento; ETCC, estimulação transcraniana por corrente contínua; NI, não investigado

2.2 Discussão

O principal objetivo da revisão de literatura foi investigar os efeitos da ETCC no desempenho físico/esportivo. Aparentemente, a ETCC tem o potencial de afetar diferentes aspectos do desempenho, uma vez que 58,3% dos artigos reportaram melhora de pelo menos uma variável. No entanto, os estudos incluídos apresentaram uma grande variedade de protocolos, o que contribuiu para os resultados mistos e controversos encontrados. Devido à essa heterogeneidade, a discussão será desenvolvida em diferentes seções.

A melhor ferramenta para avaliar a qualidade metodológica dos estudos no contexto de desempenho esportivo ainda não foi definida. Por outro lado, a escala PEDro foi considerada adequada para a presente revisão e, portanto, foi adotada. A escala PEDro é amplamente utilizada na área de fisioterapia (ELKINS *et al.*, 2013) e é baseada tanto na escala de 3 itens, Jadad, quanto na escala de 9 itens, Delphi, que são comumente utilizadas em pesquisas na área de saúde (MOJA *et al.*, 2005; OLIVO *et al.*, 2008). Além disso, a escala PEDro já foi previamente utilizada no contexto de desempenho esportivo (ASTORINO; ROBERSON, 2010; BEDOYA; MILTENBERGER; LOPEZ, 2015; ENGEL; HOLMBERG; SPERLICH, 2016). Por fim, estudos que não atingiram a nota de corte de 5 pontos comumente utilizada (ARMIJO-OLIVO *et al.*, 2015) não foram excluídos, mas serão reportados e discutidos.

2.2.1 Força máxima dinâmica

Força máxima pode ser definida como a maior quantidade de força que pode ser produzida durante uma contração voluntária máxima (STOLEN *et al.*, 2005), sendo o teste de uma repetição máxima (1 RM) o método mais comum para a avaliação do aspecto dinâmico da força máxima (MCMASTER *et al.*, 2014). A força máxima parece estar relacionada ao sucesso em diferentes esportes (ex.: BRAZIER *et al.*, 2018; BRIDGE *et al.*, 2014; CHAABÈNE *et al.*, 2012; FRANCHINI *et al.*, 2011; STOLEN *et al.*, 2005; WINWOOD; KEOGH; HARRIS, 2011), especialmente devido à sua relação com a potência muscular (LIN; CHEN, 2012; STOLEN *et al.*, 2005; WISLØFF *et al.*, 2004). Acredita-se que a ETCC pode aumentar a força máxima dinâmica através do aumento no *output* do M1.

Quais características da ETCC estão relacionadas à melhora do desempenho físico/esportivo?

O primeiro estudo a encontrar aumento da força máxima dinâmica devido à aplicação de ETCC foi conduzido por Hendy *et al.* (2015). O principal objetivo do estudo foi investigar a influência da ETCC anódica nos efeitos de educação cruzada do treinamento de força. Os indivíduos treinaram o membro dominante e tiveram ambos os membros testados. Os autores encontraram que somente o grupo que recebeu ETCC anódica durante o treinamento de força mantiveram os aumentos de 1 RM do membro não dominante não treinado após 48 horas. Mais tarde, Frazer *et al.* (2017) também investigaram se a ETCC influencia os efeitos de educação cruzada do treinamento de força e encontraram aumento nos valores de 1 RM dos flexores de cotovelo do membro não dominante não treinado.

É possível que a ausência de mudanças no membro dominante encontrada por Hendy *et al.* (2015) seja devido ao fato de a área cerebral estimulada ser ipsilateral ao membro dominante. É conhecido que a maioria das fibras motoras cruzam o ponto médio e controlam porções contralaterais do corpo (WHITEHEAD; BANIHANI, 2014). Neste sentido, a estimulação do M1 direito não seria benéfica para o desempenho do membro direito. Além disso, a ausência de mudanças no grupo que recebeu a estimulação durante o repouso sugere que os benefícios da ETCC anódica somente são presentes quando ela é aplicada durante o treinamento de força. A junção do treinamento de força com a ETCC anódica poderia causar uma modulação preferencial da via corticomotoneuronal já ativa (BIKSON; RAHMAN, 2013). No entanto, o estudo de Hendy e Kidgell (2013) não corrobora esta hipótese. Os autores demonstraram que 3 semanas de um protocolo de treinamento de força similar com a ETCC anódica sobre o M1 esquerdo não aumentou a força máxima dinâmica dos extensores do punho da mão direita dominante.

Juntos, os estudos supracitados sugerem que a capacidade da ETCC de aumentar a força máxima dinâmica pode ser restrita ao membro não treinado não dominante. Como destacado por Hendy e Kidgell (2013), tal fato pode estar relacionado ao maior potencial de melhora do membro não dominante. No entanto, deve-se destacar que outro estudo conduzido por Hendy e Kidgell (2014) não encontrou qualquer melhora nos valores de 1 RM dos extensores do punho do membro não treinado não dominante após uma única sessão de treinamento de força com ETCC. Portanto, parece que as propriedades do músculo testado também podem influenciar os efeitos da ETCC. Ambos os estudos que encontraram aumentos na força máxima dinâmica utilizaram tarefas com os flexores do cotovelo, que são músculos com maior capacidade de produzir força, enquanto os estudos que não encontraram melhora

investigaram os extensores do punho, músculos mais relacionados a movimentos finos (HENDY; KIDGELL, 2013).

Como tanto os estudos que encontraram e os que não encontraram melhora da força máxima dinâmica compartilham várias características da configuração de ETCC adotada, não é possível tirar nenhuma conclusão assertiva sobre quais as características estão relacionadas à melhora. No entanto, os estudos destacam o possível papel do M1 no desempenho físico e favorecem a utilização de maiores intensidades (> 1 mA) e maiores durações (≥ 15 min). O número de estudos disponíveis ainda é limitado e, portanto, mais estudos investigando diferentes tarefas, a aplicação de ETCC dissociada do treinamento de força, e especialmente com amostras de atletas, são necessários.

Quais mudanças psicofisiológicas estão associadas à melhora do desempenho físico/esportivo?

Como a ETCC é capaz de modificar a excitabilidade cerebral (NITSCHKE *et al.*, 2008), vários estudos têm investigado mudanças em medidas da excitabilidade corticoespinal. Hendy *et al.* (2015) encontraram aumento da amplitude do potencial evocado motor (PEM) e decréscimo da inibição cortical de curto prazo (ICCP), o que sugere que a ETCC prolongou os efeitos neuroplásticos do treinamento de força, levando à manutenção dos ganhos de força. No entanto, Frazer *et al.* (2017) não detectaram mudanças em medidas da excitabilidade corticoespinal, mesmo no grupo que apresentou ganhos de força. Além disso, Hendy e Kidgell (2013) não encontraram aumento de força apesar do aumento da amplitude do PEM e decréscimo da ICCP. Os autores hipotetizaram que os indivíduos podem ter experienciado um efeito teto por causa da alta intensidade do treinamento de força. Portanto, ainda é cedo para estabelecer uma conexão entre os aumentos da força máxima dinâmica e as mudanças na excitabilidade corticoespinal e, portanto, os mecanismos responsáveis por tais aumentos ainda são desconhecidos.

2.2.2 Força máxima isométrica

Força máxima isométrica pode ser definida como o máximo de força exercida voluntariamente no desenvolvimento de tensão ativa sem encurtamento evidente das fibras musculares (ANDERSEN; LUND-JOHANSEN; CLAUSEN, 1969; FLEMING *et al.*, 1999). Avaliações de força isométrica são comumente utilizadas como meio de avaliar a força

máxima de indivíduos uma vez que elas fornecem uma medida mais fidedigna da força máxima em comparação com avaliações de força dinâmica (SUCHOMEL; NIMPHIUS; STONE, 2016).

A força máxima isométrica está relacionada ao desempenho de diferentes esportes, como o beisebol (HIGUCHI *et al.*, 2013), levantamento de peso (HAFF *et al.*, 2005), luta olímpica (MCGUIGAN; WINCHESTER; ERICKSON, 2006), arremesso de peso (STONE *et al.*, 2003) e ciclismo (STONE *et al.*, 2004), principalmente porque o aumento dessa capacidade está relacionado à melhora de potência muscular e pico de força (HAFF *et al.*, 2005), o que pode favorecer esportes que envolvem ações como *sprints* e saltos.

Quais características da ETCC estão relacionadas à melhora do desempenho físico/esportivo?

Os artigos que investigaram os efeitos da ETCC na força máxima isométrica adotaram protocolos de avaliação envolvendo exercícios uniarticulares tanto com os membros superiores quanto com os membros inferiores. Apesar da grande variedade de delineamentos experimentais e montagens de ETCC adotadas nos artigos encontrados, o estudo de Radel *et al.* (2017) foi o único que estimulou uma área cerebral diferente do M1, mas nenhum efeito da estimulação do CPF nem do córtex pré-motor (CPM) foi encontrado pelos autores. Além disso, os estudos de Radel *et al.* (2017) e de Flood *et al.* (2017) foram os únicos que utilizaram ETCC de alta-definição, mas apesar da suposta maior focalização dessa montagem (EDWARDS *et al.*, 2013), nenhum deles encontrou efeitos da estimulação.

A tarefa mais utilizada dentre os estudos que investigaram os efeitos das ETCC na força máxima isométrica foi a flexão de cotovelo unilateral, que foi adotada em sete dos quinze estudos. Nenhum dos quatro estudos dentre os que avaliaram o membro não-dominante e estimularam o hemisfério contralateral encontrou efeitos da ETCC na CVIM, independentemente da montagem utilizada (COGIAMANIAN *et al.*, 2007; KAN; DUNDAS; NOSAKA, 2013; RADEL *et al.*, 2017; WILLIAMS; HOFFMAN; CLARK, 2013). Portanto, é possível inferir que os efeitos da ETCC no sistema neuromuscular não são suficientes para promover melhora da força máxima isométrica do membro não-dominante. É possível especular que é mais provável que a ETCC beneficie o membro que é melhor treinado ou estimulado por outros meios, como por maior utilização, por exemplo. De acordo com Reis e Fritsch (2011), o aumento do disparo neuronal causado pela ETCC poderia levar à uma melhor especificidade para grupos neuronais fortalecidos, como os neurônios envolvidos no desempenho de movimentos aprendidos.

Por outro lado, dos três estudos que testaram o membro dominante e estimularam o hemisfério contralateral (ABDELMOULA; BAUDRY; DUCHATEAU, 2016; KRISHNAN *et al.*, 2014; LAMPROPOULOU; NOWICKY, 2013), apenas um encontrou efeitos positivos da ETCC na CVIM (KRISHNAN *et al.*, 2014). Comparando esses três estudos, algumas diferenças entre eles poderiam explicar a ausência de efeitos significativos da ETCC encontrada nos estudos de Abdelmoula *et al.* (2016) e Lampropoulou e Novick (2013). A utilização de menor intensidade (1,5 mA) comparada à intensidade de 2 mA do estudo de Krishnan *et al.* (2014), e a utilização de uma montagem extracefálica na qual o catodo foi posicionado no ombro, enquanto Krishnan *et al.* (2014) utilizou uma montagem cefálica, com o catodo sobre a área supraorbital, sugerem que a montagem da ETCC é um importante aspecto a ser considerado se o objetivo for aumentar a CVIM. Tem sido demonstrado que ambas as características diminuem a densidade da corrente que alcança a área cortical alvo (BRUNONI *et al.*, 2012; MOLIADZE; ANTAL; PAULUS, 2010; NITSCHKE *et al.*, 2008), possivelmente prejudicando o aumento da excitabilidade cortical promovida pela ETCC (NITSCHKE *et al.*, 2007) e, conseqüentemente, afetando os efeitos agudos esperados da estimulação (CUYPERS *et al.*, 2013; NITSCHKE *et al.*, 2008).

Portanto, considerados em conjunto, os resultados dos estudos indicam que para a flexão de cotovelo unilateral, os efeitos da ETCC são influenciados não apenas pelo membro avaliado (dominante ou não-dominante) e, conseqüentemente pelo hemisfério cerebral estimulado, mas também pela densidade da corrente que alcança o cérebro, sugerindo que quanto maior a densidade, maiores os benefícios na CVIM. No entanto, é importante destacar que o estudo de Krishnan *et al.* (2014) não alcançou o critério mínimo de qualidade metodológica de acordo com a escala PEDro. A ausência de itens como o cegamento dos indivíduos e experimentadores, procedimentos de aleatorização, ou a utilização de placebo podem ter influenciado os resultados. Não se sabe se alguns desses itens, como os dois primeiros citados, não foram parte do experimento ou apenas não foram mencionados no artigo. Portanto, recomenda-se cautela na interpretação dos dados.

Outra tarefa utilizada pelos artigos que investigaram os efeitos da ETCC na força máxima isométrica foi a extensão de joelho unilateral. É importante destacar que, dentre todos os estudos que utilizaram essa tarefa, apenas o artigo que utilizou uma amostra de atletas, ao invés de indivíduos fisicamente ativos ou não-treinados, encontrou aumento da CVIM (VARGAS *et al.*, 2018). Esses resultados, apesar de preliminares, apontam para uma possível influência do nível dos indivíduos nos efeitos da ETCC, o que corrobora a hipótese previamente levantada de uma maior propensão a aumentar a CVIM com a estimulação de

membros com estimulação ou experiência prévia. Portanto, estudos comparando indivíduos com diferentes níveis de desempenho, utilizando a mesma montagem de ETCC e delineamento experimental, são necessários. Estudos que avaliaram a melhora da aprendizagem motora com ETCC já têm demonstrado efeitos do nível de experiência do indivíduo nos benefícios gerados pela ETCC (MIZUGUCHI; KATAYAMA; KANOSUE, 2017; SUZUKI; SUZUKI; ONO, 2017). Portanto, pode-se assumir que esse também é um importante aspecto a ser considerado e investigado em relação ao desempenho muscular.

Dois dos cinco estudos que utilizaram a extensão de joelho unilateral investigaram o membro não-dominante e estimularam o M1 contralateral (FLOOD *et al.*, 2017; VARGAS *et al.*, 2018), e nenhum deles encontrou efeitos significativos da ETCC, independentemente do nível de expertise dos indivíduos, montagem da ETCC, ou delineamento experimental. Por outro lado, um dos três artigos que investigaram o membro dominante encontrou aumento da CVIM não apenas durante a ETCC mas também por até 60 minutos após o fim da estimulação (VARGAS *et al.*, 2018). Diferente de Vargas *et al.* (2018), que utilizaram 20 minutos de estimulação, os outros dois estudos utilizaram apenas 10 minutos (ANGIUS *et al.*, 2016; GIBOIN; GRUBER, 2018), o que sugere que a duração da estimulação também pode ser, juntamente com o nível do indivíduo, uma variável importante relacionada à ausência de efeitos da ETCC em ambos os estudos.

Algumas tarefas diferentes foram investigadas por apenas um estudo cada, o que torna difícil chegar à uma conclusão assertiva, apesar dos resultados positivos encontrados. No entanto, tais estudos podem sugerir montagens e protocolos que deveriam ser testados novamente. Por exemplo, Hazime *et al.* (2017) testaram a rotação interna e externa de ombro, Krishnan *et al.* (2014) testaram a extensão de cotovelo unilateral, Frazer *et al.* (2016) a flexão de punho unilateral e Tanaka *et al.* (2009) testaram o movimento de pinça com os dedos dos pés, e todos encontraram efeitos positivos da ETCC na CVIM. Apesar dos efeitos positivos encontrados, os estudos de Frazer *et al.* (2016) e Tanaka *et al.* (2009) não encontraram efeitos da ETCC nas tarefas de extensão de punho e pinça com os dedos das mãos, respectivamente, apesar de terem utilizado o mesmo protocolo. Tais resultados sugerem que além da montagem, os efeitos da ETCC também são influenciados pelo tipo de tarefa investigada. Portanto, estudos investigando os efeitos da ETCC no desempenho físico/esportivo devem buscar protocolos mais adequados para cada tipo de tarefa e/ou capacidade física, ao invés de um protocolo que atenda a todos.

Mais uma vez, deve-se ter cautela com a interpretação dos resultados de estudos que não alcançaram o critério mínimo de qualidade metodológica da escala PEDro, como os

estudos de Tanaka *et al.* (2009) e Krishnan *et al.* (2014). Ambos os estudos não reportaram explicitamente procedimentos de cegamento e aleatorização, itens que podem enviesar os resultados encontrados.

Quais mudanças psicofisiológicas estão associadas à melhora do desempenho físico/esportivo?

Dentre os estudos que avaliaram mudanças psicofisiológicas, a amplitude do PEM e da eletromiografia (EMG) foram as medidas mais comumente utilizadas. Mudanças na amplitude do PEM representam a modificação da excitabilidade do sistema motor (NITSCHKE; PAULUS, 2000), enquanto a amplitude da EMG, de acordo com Jenkins *et al.* (2015), está relacionada à atividade da unidade motora.

Dos cinco estudos que encontraram qualquer efeito positivo da ETCC na CVIM (FRAZER *et al.*, 2016; HAZIME *et al.*, 2017; KRISHNAN *et al.*, 2014; TANAKA *et al.*, 2009; VARGAS *et al.*, 2018), apenas dois avaliaram mudanças psicofisiológicas (FRAZER *et al.*, 2016; KRISHNAN *et al.*, 2014) e ambos encontraram alterações significativas. Krishnan *et al.* (2014) encontraram aumento da ativação de bíceps e tríceps braquiais juntamente com o aumento da CVIM dos flexores e extensores de cotovelo. Frazer *et al.* (2016), por sua vez, encontraram aumento da excitabilidade corticoespinal dos flexores punho mas não dos extensores, o que acompanha as mudanças da CVIM encontradas. Apesar de esses resultados sugerirem que tais mudanças psicofisiológicas apresentam relação direta com as mudanças de desempenho, os estudos de Angius *et al.* (2018) e Giboin e Gruber (2018) não corroboram tais achados, uma vez que eles encontraram mudanças psicofisiológicas mas não observaram mudanças na CVIM. Apesar de o aumento do desempenho esportivo em decorrência da aplicação de ETCC ser atribuído ao aumento da excitabilidade neuronal (XIVRY; SHADMEHR, 2014), tal relação não parece ser linear, uma vez que nem toda alteração corticoespinal ou muscular necessariamente levou à alterações do desempenho nas tarefas avaliadas. Todo aumento do desempenho de força máxima isométrica, no entanto, parece ser acompanhado do aumento da excitabilidade. No entanto, devido ao limitado número de estudos com efeitos positivos da ETCC que também avaliaram qualquer tipo de mudança psicofisiológica, não é possível chegar a nenhuma conclusão assertiva.

2.2.3 Resistência muscular

De acordo com o Colégio Americano de Medicina Esportiva (2014), resistência muscular pode ser definida como a capacidade de executar repetidas contrações ou de sustentar determinado nível de força por um período prolongado. Os métodos de avaliação disponíveis normalmente consistem em executar o maior número de repetições em determinado tempo ou com uma determinada carga ou ainda em sustentar uma contração com uma carga pelo maior tempo possível. A resistência muscular pode ser importante para esportes nos quais os atletas têm que executar ações repetidas ao longo do evento, como judô (FRANCHINI *et al.*, 2011), taekwondo (BRIDGE *et al.*, 2014) e tênis (KOVACS, 2006). A ETCC anódica poderia atrasar o desenvolvimento da fadiga supraespinhal através da modulação da excitabilidade do córtex motor, levando à melhora da resistência muscular.

Quais características da ETCC estão relacionadas à melhora do desempenho físico/esportivo?

A maioria dos estudos que investigaram os efeitos da ETCC na resistência muscular adotaram protocolos de teste envolvendo exercícios uniarticulares, sendo os exercícios de flexão de cotovelo e extensão de joelho os mais comuns. Dos estudos que adotaram o exercício de flexão de cotovelo, ambos os estudos de Cogiamanian *et al.* (2007) e Abdelmoula *et al.* (2016) encontraram aumento do tempo até a falha (TF) em uma tarefa isométrica com 35% da contração voluntária isométrica máxima (CVIM) após a estimulação do M1 contralateral. Além disso, Williams *et al.* (2013) encontraram maior TF no grupo de indivíduos que recebeu a estimulação durante todo o exercício mas não no grupo em que o TF foi maior que a duração da estimulação. Seus resultados sugerem que quando a ETCC é aplicada durante a tarefa, seus efeitos benéficos podem só estar presentes quando ela é aplicada durante toda a duração do exercício. Outra hipótese levantada pelos autores é que a ETCC só beneficiaria indivíduos com menor resistência muscular.

É importante destacar que estudos que adotaram configurações de ETCC e protocolos de teste muito similares aos estudos supracitados não encontraram qualquer aumento da resistência muscular (KAN; DUNDAS; NOSAKA, 2013; MUTHALIB *et al.*, 2013), o que torna difícil apontar quais características estão relacionadas à melhora do desempenho. O estudo de Muthalib *et al.* (2013), no entanto, não atingiu a pontuação mínima na escala PEDro para ser considerado como de adequada qualidade metodológica. Os autores não adotaram, ou não reportaram, se a alocação dos indivíduos foi secreta e se técnicas de

cegamento dos indivíduos e experimentadores foram empregadas, o que pode ter influenciado os resultados encontrados. Os estudos sugerem, porém, que algumas características da ETCC podem ser mais vantajosas. Primeiro, a intensidade de 1,5 mA parece ser mais efetiva que 2 mA, o que corrobora com a ideia de um efeito dependente da intensidade não-linear (JAMIL *et al.*, 2017).

Ademais, testar imediatamente após a estimulação parece ser melhor para detectar os efeitos da ETCC no desempenho. Finalmente, o tamanho do eletrodo parece ser uma variável importante, uma vez todos os estudos que encontraram melhora da resistência muscular utilizaram eletrodos com 35 cm², enquanto os estudos que não encontraram melhora utilizaram tamanhos de eletrodos diferentes, normalmente menores. Esse achado é particularmente interessante, uma vez que tamanho menores (ex.: 12 cm² vs. 35 cm²) de eletrodos produzem densidades mais focalizadas e maiores aumentos da excitabilidade corticoespinal (BASTANI; JABERZADEH, 2013). Portanto, é possível que os efeitos benéficos da ETCC na resistência muscular estejam relacionados à modulação de áreas cerebrais adjacentes à área alvo. No entanto, é importante destacar que uma relação clara entre os efeitos benéficos da ETCC no desempenho físico/esportivo e as mudanças na excitabilidade corticoespinal ainda não está estabelecida. Portanto, é possível que os maiores aumentos da excitabilidade corticoespinal causados por menores eletrodos, não necessariamente, levem a maiores efeitos no desempenho.

Os estudos que utilizaram o exercício de extensão de joelho apresentaram protocolos de teste ligeiramente mais variados. Angius *et al.* (2016) encontraram maior TF com 20% da CVIM apenas com a montagem de ETCC com o catodo posicionado sobre o ombro, sugerindo que montagens extracefálicas podem ser mais vantajosas. Montagens extracefálicas supostamente evitam os efeitos indesejados do catodo, como a diminuição da excitabilidade da área cerebral debaixo dele, que poderia opor os efeitos do anodo (ANGIUS *et al.*, 2015, 2018). No entanto, Giboin e Gruber (2018) também encontraram aumento da resistência muscular com uma montagem cefálica. Nenhuma relação entre o momento de avaliação e os resultados pôde ser detectada, uma vez que alguns artigos que encontraram melhora da resistência muscular não relataram o momento exato da avaliação (ANGIUS *et al.*, 2016; MAGALHAES SALES *et al.*, 2016). Em comparação com os estudos que adotaram tarefas envolvendo os flexores do cotovelo, aqueles envolvendo os extensores do joelho parecem favorecer a utilização de maiores intensidades (1,5 mA vs. 2 mA).

A maioria dos estudos investigando os efeitos da ETCC na resistência muscular estimularam o M1. No entanto, alguns estudos também encontraram melhora do desempenho

estimulando outras áreas cerebrais que provavelmente estão envolvidas com a percepção de esforço, como o córtex pré-frontal dorsolateral e o córtex temporal (LATTARI *et al.*, 2016; MAGALHAES SALES *et al.*, 2016). Juntos, os estudos que investigaram os efeitos da ETCC na resistência muscular sugerem que a intensidade de 1,5 mA parece ser mais vantajosa para tarefas envolvendo os flexores do cotovelo, enquanto maiores intensidades são necessárias para aumentar a resistência muscular dos extensores do joelho.

Quais mudanças psicofisiológicas estão associadas à melhora do desempenho físico/esportivo?

A ETCC é supostamente capaz de atrasar o desenvolvimento da fadiga supraespinhal através de mudanças na excitabilidade cortical e conseqüentemente aumentar a resistência muscular. Para testar essa hipótese, além de medidas da excitabilidade corticoespinhal, vários estudos investigaram mudanças na percepção de esforço e na atividade muscular. Os estudos que encontraram aumento da resistência muscular não detectaram qualquer mudança nas medidas de excitabilidade corticoespinhal (ABDELMOULA; BAUDRY; DUCHATEAU, 2016; ANGIUS *et al.*, 2016; WILLIAMS; HOFFMAN; CLARK, 2013). Em relação às mudanças na atividade muscular, apesar de o estudo de Krishnan *et al.* (2014) ter encontrado maior ativação do bíceps braquial, a maioria dos estudos que encontraram aumento do desempenho não encontraram mudanças na EMG dos músculos investigados (ABDELMOULA; BAUDRY; DUCHATEAU, 2016; ANGIUS *et al.*, 2016; COGIAMANIAN *et al.*, 2007). Os resultados contraditórios encontrados por Krishnan *et al.* (2014) podem ter sido influenciados por uma baixa qualidade metodológica, como previamente discutido na seção “[Força Máxima Isométrica](#)”. No geral, os resultados sugerem que o aumento da resistência muscular não está relacionado à mudanças da atividade muscular. Os efeitos benéficos da ETCC na resistência muscular parecem estar relacionados à uma menor percepção do esforço. Durante o exercício submáximo sustentado ou repetido, há um aumento do *drive* central para compensar pelo desenvolvimento da fadiga muscular (TAYLOR; GANDEVIA, 2008). Juntamente com o aumento do *drive* central, há um aumento da percepção do esforço, e portanto, acredita-se que a percepção subjetiva de esforço (PSE) reflita o *output* central necessário para executar a ação (GANDEVIA, 2001; JONES, 1995). Ambos os estudos de Williams *et al.* (2013) e de Angius *et al.* (2016) encontraram maior TF e menor aumento da PSE dos indivíduos após a estimulação do M1. Além disso, a estimulação

de outras áreas cerebrais, como o CPFDL, também parece ser capaz de aumentar a resistência muscular através da diminuição da PSE dos indivíduos (LATTARI *et al.*, 2016).

Os estudos incluídos nesta revisão sugerem que os efeitos benéficos da ETCC no desempenho em tarefas de resistência muscular estão relacionados à redução da percepção de esforço dos indivíduos. Parece que a ETCC facilita o *drive* central e reduz a percepção de esforço dos indivíduos. No entanto, como destacado por Angius *et al.* (2016), essa hipótese deve ser abordada com cautela, uma vez que os estudos não foram capazes de detectar mudanças na excitabilidade cortical após a ETCC. Além disso, outros estudos que encontraram aumento da resistência muscular não encontraram diminuição da PSE (ABDELMOULA; BAUDRY; DUCHATEAU, 2016; LATTARI *et al.*, 2018a), e portanto, não corroboram essa hipótese.

2.2.4 Desempenho aeróbio

Exercício aeróbio pode ser definido como uma atividade rítmica e contínua de longa duração que utiliza oxigênio e grandes massas musculares (TIAN *et al.*, 2016). A aptidão aeróbia é importante para atletas que necessitam gerar e manter determinada produção de potência durante repetidos esforços de alta intensidade e para se recuperar de tais esforços (STONE; KILDING, 2009), ou manter um alto desempenho durante longos períodos (HELGERUD *et al.*, 2001). Tem sido demonstrado que a aptidão aeróbia tem grande importância para o desempenho em diferentes modalidades esportivas, como futebol (HELGERUD *et al.*, 2001), ciclismo (CRAIG *et al.*, 1993), natação (GRECO *et al.*, 2010) e taekwondo (BRIDGE *et al.*, 2014).

Quais características da ETCC estão relacionadas à melhora do desempenho físico/esportivo?

Todos os estudos que testaram os efeitos da ETCC no desempenho aeróbio utilizaram tarefas de ciclismo e mensuraram principalmente o TF. Apesar da grande variedade de protocolos de avaliação utilizados, resultados positivos da ETCC foram encontrados na maioria dos estudos. Dos seis estudos que avaliaram alguma medida de desempenho, os únicos dois que não encontraram efeito significativo foram os estudos que utilizaram menores tamanhos de eletrodos (ANGIUS *et al.*, 2015; BARWOOD *et al.*, 2016). Como um maior tamanho de eletrodo diminui a focalização da estimulação (DASILVA *et al.*, 2011), pode-se inferir que para o desempenho aeróbio, assim como para a resistência muscular, uma corrente

mais espalhada que alcance mais regiões corticais, como as áreas sensoriais, é mais benéfica. Apesar desta aparente associação entre o tamanho do eletrodo e os efeitos da ETCC, os estudos analisados adotaram diferentes procedimentos que também podem interferir nos resultados. Três estudos estimularam o M1 e utilizaram delineamentos muito similares (ANGIUS *et al.*, 2015, 2018; VITOR-COSTA *et al.*, 2015). No entanto, Angius *et al.* (2015), diferentemente dos outros dois estudos, não utilizou a estimulação bi-hemisférica, que poderia ser mais benéfica pela demanda da tarefa (bilateral) e por atingir mais áreas corticais.

Três estudos estimularam o CT esquerdo (BARWOOD *et al.*, 2016; OKANO *et al.*, 2015, 2017) e apenas o estudo de Okano *et al.* (2015) encontrou efeitos benéficos da ETCC. Os três estudos utilizaram montagens de ETCC similares, mas diferentes protocolos de avaliação e diferentes amostras. O estudo de Okano *et al.* (2015) avaliou atletas em um teste incremental máximo, Okano *et al.* (2017) avaliaram indivíduos não-treinados em uma tarefa com carga constante até a exaustão, e Barwood *et al.* (2016) avaliaram indivíduos ativos tanto em um teste contrarrelógio de 20 km, quanto em uma tarefa até a exaustão após um período de exercício submáximo no calor. Portanto, é difícil estabelecer se as diferenças encontradas são devidas ao nível dos indivíduos, ao protocolo de avaliação, ou à combinação de ambos. Estudos que isolem essas variáveis são necessários.

No geral, os artigos mostram que diferentes áreas corticais, como o M1, CPFDL e o CT, são relevantes para o desempenho aeróbio, pelo menos em tarefas de ciclismo. Uma possibilidade é que a estimulação dessas áreas atue principalmente na redução da fadiga. Uma vez que estas três áreas corticais têm papel importante no controle e/ou percepção da fadiga, a sua estimulação provavelmente permite a execução de exercício por maior tempo antes da exaustão. O M1 está envolvido em vias neurais de inibição e facilitação da fadiga supraespinal (NOAKES, 2012). Portanto, espera-se que ao estimular essa região, esses sistemas sejam afetados e, conseqüentemente, o desempenho aeróbio seja modificado. Por outro lado, o CPFDL também atua diminuindo a percepção da fadiga através de mecanismos compensatórios quando a fadiga central leva à redução da ativação do córtex motor (LATTARI *et al.*, 2016). Além disso, o CT é uma das regiões envolvidas no controle da percepção de esforço e da função autonômica cardíaca, que estão fortemente relacionados à mecanismos de controle da fadiga (OKANO *et al.*, 2015).

Quais mudanças psicofisiológicas estão associadas à melhora do desempenho físico/esportivo?

Dos sete estudos que investigaram os efeitos da ETCC no desempenho aeróbio, apenas dois encontraram diferenças significativas em medidas psicofisiológicas (ANGIUS *et al.*, 2018; OKANO *et al.*, 2015), e ambos também encontraram efeitos positivos no desempenho aeróbio. Angius *et al.* (2018) encontraram maiores valores de FC de pico mas não houve diferença na FC durante o teste, enquanto o contrário foi observado para a PSE dos voluntários. As concentrações de lactato sanguíneo também foram maiores no momento de exaustão. O fato de a estimulação ter diminuído a percepção de esforço dos indivíduos durante o teste permitiu que o momento de exaustão fosse atrasado, e conseqüentemente, que eles atingissem maiores valores de FC e concentração de lactato ao final da tarefa. No entanto, Okano *et al.* (2015) encontraram resultados diferentes com relação à FC. Os autores encontraram menor FC durante a execução da tarefa. As principais diferenças entre os estudos são o local de estimulação e os protocolos de avaliação. Enquanto Okano *et al.* (2015) estimularam o CT esquerdo e utilizaram um teste incremental máximo, Angius *et al.* (2018) estimularam o M1 em ambos os hemisférios e utilizou um protocolo de tempo até a exaustão à 70% do pico de potência atingida em um teste incremental máximo. Os resultados sugerem que as alterações psicofisiológicas em decorrência da ETCC podem ser influenciadas por ambas as variáveis.

Apesar de utilizar a mesma montagem de ETCC, Okano *et al.* (2017) encontraram resultados diferentes de Okano *et al.* (2015). Não foram encontradas diferenças significativas na FC, variabilidade da FC ou na PSE. Os autores atribuíram a discrepância dos resultados ao nível dos indivíduos ou ao protocolo de avaliação utilizado. O nível do indivíduo poderia influenciar os resultados de maneira que indivíduos mais ativos estariam mais propensos a experimentar efeitos positivos da ETCC. Em relação ao protocolo de avaliação, foi hipotetizado que a atividade do sistema parassimpático em tarefas com maiores intensidades poderia levar à uma ativação insuficiente da área estimulada, o CT esquerdo (OKANO *et al.*, 2017).

Lattari *et al.* (2018b) e Vitor-Costa *et al.* (2015), apesar de terem encontrado aumento do desempenho aeróbio, não encontraram mudanças nas variáveis psicofisiológicas investigadas. É importante notar que apesar de Vitor-Costa *et al.* (2015) ter utilizado um protocolo de avaliação e uma montagem de ETCC similares ao estudo de Angius *et al.* (2018), os autores não encontraram efeitos da ETCC na FC e PSE. O estudo de Lattari *et al.*

(2018b), por outro lado, foi o único que estimulou o CPFDL, o que sugere que apesar de essa área estar possivelmente associada ao aumento do desempenho aeróbio pela ETCC, tal efeito parece não ser devido à alterações na percepção de esforço. Além disso, nenhum estudo que utilizou medidas de dor (ANGIUS *et al.*, 2015, 2018) ou de respostas afetivas (BARWOOD *et al.*, 2016; OKANO *et al.*, 2017; VITOR-COSTA *et al.*, 2015) encontrou efeitos da ETCC nessas variáveis. Portanto, os resultados desses estudos indicam que a percepção de dor e/ou respostas afetivas não são responsáveis pela melhora do desempenho aeróbio causada pela ETCC.

2.2.5 Outras capacidades físicas

Até o presente momento, a maioria dos estudos que investigaram os efeitos da ETCC no desempenho físico/esportivo focaram em tarefas aeróbias e de resistência muscular, estimulando principalmente o M1. Esse foco pode ser explicado pela relação da área do M1 com o desenvolvimento da fadiga supraespinhal, que é mais evidente durante esses tipos de tarefas. No entanto, alguns estudos também têm investigado se a ETCC é capaz de melhorar outras capacidades físicas, como potência muscular (LATTARI *et al.*, 2017), potência/capacidade anaeróbia (SASADA *et al.*, 2017) e flexibilidade (MIZUNO; ARAMAKI, 2017).

Acredita-se que a potência muscular seja uma capacidade física de extrema importância para uma grande variedade de esportes, especialmente aqueles que envolvem ações de *sprints*, saltos, mudanças de direção e golpes de percussão (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011a, 2011b; HAFF; NIMPHIUS, 2012). Diferentes fatores influenciam a capacidade de gerar a máxima potência muscular. Além das características intrínsecas dos músculos, a capacidade do sistema nervoso central ativar os músculos também é um fator de influência (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011a; MAFFIULETTI *et al.*, 2016). Lattari *et al.* (2017) estimularam o córtex motor dos indivíduos bilateralmente por 20 minutos com intensidade de 2 mA e encontraram aumentos da altura do salto com contramovimento, tempo de voo e pico de potência muscular. Apesar de os autores não discutirem os mecanismos responsáveis por tal melhora do desempenho, ela pode estar relacionada ao aumento do *output* do M1. Sabe-se que em esforços máximos de curta duração, o sistema nervoso central não é capaz de gerar a máxima força evocável (GANDEVIA, 2001). Portanto, a estimulação do córtex motor pode ter aumentado o *drive* central para os músculos envolvidos na execução da tarefa, aumentando o desempenho no salto.

Sasada *et al.* (2017), por sua vez, investigaram os efeitos da ETCC no desempenho anaeróbio de atletas. Os autores hipotetizaram que a estimulação do córtex motor dos atletas causaria mudanças em sua excitabilidade, consequentemente aumentando o *drive* central e melhorando o desempenho em *sprints*. No entanto, eles não encontraram nenhuma diferença significativa no pico de potência e potência média entre as condições de estimulação anódica e placebo. Os autores sugeriram que o protocolo de ETCC adotado pode não ter sido adequado para aumentar o desempenho em *sprints*.

O estudo de Mizuno e Aramaki (2017) foi o único que investigou os efeitos da ETCC na flexibilidade. Os autores encontraram que a condição de estimulação catódica aumentou a amplitude de movimento (ADM) do tornozelo, mas não alterou seu torque passivo submáximo, sugerindo que o aumento da ADM foi devido a fatores neurais ao invés de fatores mecânicos. Uma possível explicação oferecida pelos autores é que a ETCC catódica pode ter diminuído a excitabilidade do córtex, causando mudanças na propriocepção do tornozelo ou o decréscimo da percepção de dor dos sujeitos.

Uma vez que cada estudo incluído nessa seção avaliou diferentes aspectos do desempenho esportivo, não é possível identificar as características da ETCC relacionadas aos seus efeitos no desempenho. Além disso, os estudos não incluíram medidas psicofisiológicas, o que dificulta o entendimento dos mecanismos responsáveis pela melhora de desempenho.

2.3 Conclusão

Melhorar o desempenho esportivo é um dos principais objetivos de atletas, treinadores e outros profissionais envolvidos no processo de treinamento. Diante da necessidade de atingir o mais alto nível de desempenho, a ETCC surgiu como um possível recurso ergogênico. A literatura disponível não nos permite chegar à nenhuma conclusão assertiva sobre os efeitos da ETCC no desempenho físico/esportivo. A inconsistência dos efeitos da ETCC nas diferentes capacidades físicas associadas ao desempenho esportivo pode ser atribuída principalmente à grande heterogeneidade dos protocolos de estimulação e de avaliação adotados.

Considerando a variedade de capacidades físicas que influenciam o desempenho esportivo e os diferentes mecanismos por detrás delas, parece improvável que um único protocolo de ETCC seja adequado para todas as capacidades físicas. Estudos futuros devem buscar identificar protocolos de estimulação mais adequados para cada capacidade física e tipo de tarefa. Além disso, apenas 11,4% dos indivíduos investigados eram atletas. Uma vez

que se acredita que a ETCC seja um recurso ergogênico para o desempenho esportivo, pesquisadores são encorajados a investigar os efeitos da ETCC em atletas, ao invés de indivíduos sedentários ou fisicamente ativos. Ademais, a maioria dos estudos investigou tarefas que não são específicas de modalidades esportivas e, portanto, os efeitos positivos da ETCC observados podem não ser transferíveis para o desempenho esportivo. Estudos futuros também devem tentar identificar os mecanismos responsáveis pelos efeitos da ETCC no desempenho físico/esportivo. Em conclusão, embora a ETCC tenha se mostrado uma técnica promissora, pesquisas adicionais são necessárias para entender por completo os seus efeitos no desempenho físico/esportivo.

3 OBJETIVO GERAL

O objetivo da presente dissertação foi investigar os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua no desempenho físico e nas respostas psicofisiológicas de atletas de taekwondo.

4 EXPERIMENTO I

4.1 OBJETIVOS

- 1 – Verificar se a ETCC anódica do M1 influencia o desempenho de atletas de taekwondo no Teste Progressivo Específico para Praticantes de Taekwondo (TET);
- 2 – Verificar se a ETCC anódica do M1 influencia a frequência cardíaca (FC) dos atletas de taekwondo durante a execução do TET;
- 3 – Verificar se a ETCC anódica do M1 influencia a percepção subjetiva de esforço (PSE) dos atletas de taekwondo durante a execução do TET;

4.2 HIPÓTESES

- 1 - A ETCC anódica do M1 promoverá melhora do desempenho dos atletas de taekwondo no TET;
- 2 - A ETCC anódica do M1 não influenciará a FC dos atletas de taekwondo durante a execução do TET;
- 3 - A ETCC anódica do M1 diminuirá a PSE dos atletas de taekwondo durante a execução do TET;

4.3 MATERIAIS E MÉTODOS

4.3.1 Cuidados éticos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CAAE: 79302817.0.0000.5149; Número do Parecer 2.419.386) e conduzido dentro das especificações da resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. Antes do início dos procedimentos para a coleta de dados, os atletas foram esclarecidos sobre a relevância, os objetivos, os procedimentos e os possíveis riscos relacionados à participação do estudo, para então assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os voluntários menores de 18 anos assinaram um termo de assentimento e seus respectivos responsáveis um termo de consentimento. A qualquer momento os participantes poderiam deixar de participar do estudo. Foram tomadas todas as precauções no intuito de preservar a privacidade dos voluntários.

4.3.2 Amostra

A amostra foi composta por doze atletas de taekwondo faixas pretas (8 homens, 4 mulheres; média \pm DP, idade: 19 ± 3 anos; massa corporal: $61,2 \pm 8,5$ kg; estatura: $172,1 \pm 7,3$ cm; gordura corporal: $12,4 \pm 7,4$ %; tempo de prática: $8,6 \pm 5,6$ anos; nível: internacional/nacional). Os atletas participavam em aproximadamente sete sessões de treinamento específicas de taekwondo e em três sessões de treinamento de força por semana. Os atletas reportaram não possuir nenhuma doença neuropsiquiátrica e nenhuma lesão nos membros inferiores. Os atletas também reportaram não estar em processo de perda de peso de maneira aguda.

4.3.3 Procedimentos do estudo

Cada voluntário compareceu ao Laboratório de Estudos e Pesquisas em Esportes de Combate (LEPEC) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) duas vezes, com intervalo de uma semana. Em cada visita os voluntários foram expostos às condições experimentais. Além disso, na primeira visita, foram coletados dados para a caracterização da amostra.

4.3.3.1 Caracterização da amostra

Para a caracterização da amostra, primeiramente os voluntários preencheram um questionário ([APÊNDICE IV](#)) sobre a sua rotina de treinamento e o seu nível competitivo. Além disso, foram coletados valores de massa corporal, estatura e dobras cutâneas. A massa corporal foi determinada utilizando-se uma balança digital com precisão de 0,1 Kg e a estatura com o uso de um estadiômetro com precisão de 0,5 cm. Os valores das dobras cutâneas foram obtidos com o uso de um adipômetro Lange com precisão de 0,1 mm e utilizados para estimar a densidade corporal (DC). Para estimar a DC de homens e mulheres foram adotadas as equações 1 e 2, respectivamente, baseadas em Jackson e Pollock (1985):

$$DC = 1,1093800 - 0,0008267 \times (X_3) + 0,0000016 \times (X_3)^2 - 0,0002574 \times (\text{Idade}) \quad (1)$$

Onde: X_3 = somatório da espessura das dobras cutâneas peitoral, abdominal e de coxa

$$DC = 1,099421 - 0,0009929 \times (X_3) + 0,0000023 \times (X_3)^2 - 0,0001392 \times (\text{Idade}) \quad (2)$$

Onde: X_3 = somatório da espessura das dobras cutâneas tricipital, de coxa e suprailíaca

A porcentagem de gordura corporal foi estimada de acordo com Siri (1961) (equação 3):

$$\%G = \left[\left(\frac{4,95}{DC} \right) - 4,50 \right] \times 100 \quad (3)$$

Onde: DC = Densidade Corporal

4.3.3.2 Sessões experimentais

Para as sessões experimentais, os atletas foram alocados de forma aleatorizada e contrabalanceada para a condição de placebo (PLA) ou de estimulação (ETCC). No início de cada sessão, os voluntários deveriam reportar a sua percepção subjetiva de recuperação (PSR). Em cada sessão os atletas realizaram o TET. As sessões experimentais foram realizadas no mesmo horário do dia com uma semana de intervalo. Os atletas foram instruídos

a não consumir álcool e cafeína e a não realizar exercício físico intenso 48 horas antes das sessões. Os procedimentos das sessões experimentais estão representados na Figura 2.

Figura 2. Procedimentos das sessões experimentais do experimento I



Fonte: Do autor, 2018. Legenda: ETCC, estimulação transcraniana por corrente contínua; PLA, placebo; FC, frequência cardíaca; PSE, percepção subjetiva de esforço

4.3.3.2.1 Percepção Subjetiva de Recuperação

No início de cada sessão experimental, os atletas relataram a sua percepção de recuperação. Foi apresentada ao indivíduo uma versão impressa da escala de PSR desenvolvida por Laurent *et al.* (2011) ([ANEXO II](#)).

4.3.3.2.2 Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

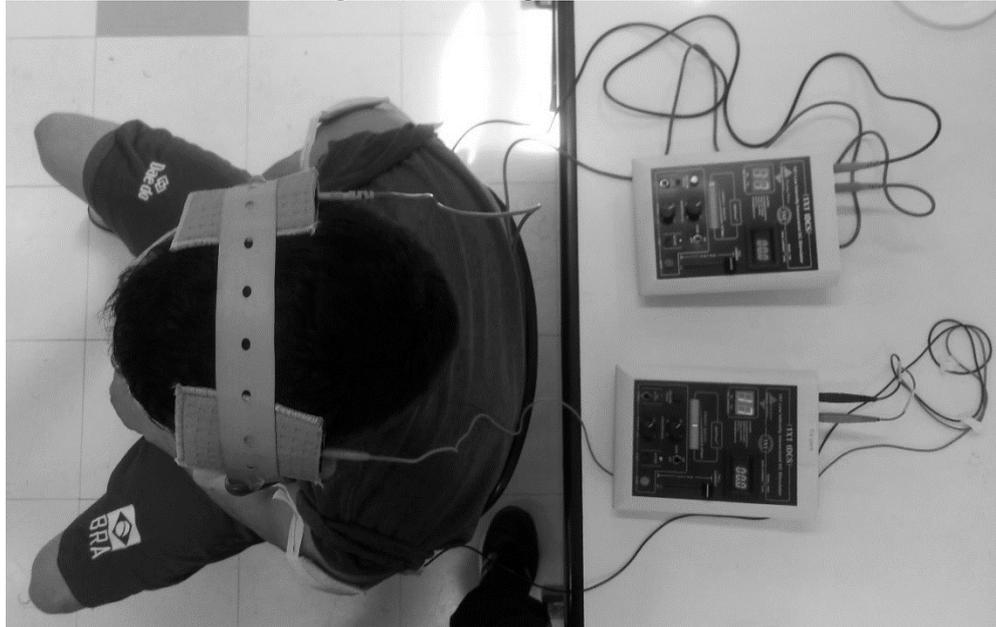
A estimulação transcraniana por corrente contínua foi aplicada de forma bi-hemisférica e extracefálica, seguindo um protocolo similar ao de Angius *et al.* (2018). Para a condição anódica (ETCC) os eletrodos anodos foram posicionados de maneira a estimular o córtex motor primário bilateralmente (pontos C3 e C4 de acordo com o Sistema Internacional de EEG 10-20 (KLEM *et al.*, 1999)), enquanto os catodos foram posicionados sobre os ombros ipsilaterais. Como sugerido por Angius *et al.* (2015), esse protocolo parece ser mais adequado para tarefas bilaterais que envolvem grande massa muscular, além de evitar os efeitos indesejados do eletrodo catodo.

A estimulação foi aplicada por 15 minutos com intensidade de 1,5 mA através de eletrodos de silicone (anodos: 35cm², catodos: 25cm²) envoltos em esponjas embebidas em solução salina (NaCl 0,9%). A corrente elétrica foi aumentada no início e diminuída ao final da estimulação por um período de trinta segundos. Para a condição placebo (PLA), a mesma configuração foi adotada, entretanto a estimulação foi interrompida após trinta segundos. A intensidade adotada foi inferior à de Angius *et al.* (2018) por cautela, pois apesar de a ETCC ser considerada uma técnica segura, não foi encontrado nenhum outro estudo que utilizou dois anodos com intensidade de 2 mA em cada. Além disso, um estudo recente (O'CONNELL *et*

al., 2012) demonstrou que o cegamento de indivíduos estimulados à 2 mA é inadequado. Ainda, na tentativa de evitar quaisquer prejuízos decorrentes da diminuição da intensidade, a duração da estimulação foi aumentada em 5 minutos.

Dois aparelhos de ETCC (Soterix Medical Inc., Modelo 1300A) foram utilizados para a estimulação. A montagem de ETCC utilizada pode ser observada na figura 3.

Figura 3. Montagem da ETCC



Fonte: Acervo do laboratório, 2018

4.3.3.2.3 *Teste Progressivo Específico para Praticantes de Taekwondo*

Os atletas executaram o TET dez minutos após o término da estimulação nas condições de PLA e ETCC. O TET é um teste progressivo no qual os atletas devem realizar o chute *bandal tchagui* repetidas vezes, alternando as pernas direita e esquerda, em um ritmo ditado por sinais sonoros. Durante o intervalo entre chutes o atleta deve permanecer em *stepping*. O primeiro estágio tem duração de 100 segundos e frequência de 6 chutes. A cada estágio ocorre uma diminuição da duração do estágio e aumento da frequência de chutes. Os detalhes do teste podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 - Teste Progressivo Específico para Praticantes de Taekwondo

Estágios	Duração do estágio (s)	NCH por estágio	FCH (chutes.min ⁻¹)
1	100	6	3,60
2	84	10	7,14
3	77,14	14	10,89
4	73,33	18	14,73
5	70,91	22	18,62
6	69,23	26	22,53
7	68,00	30	26,47
8	67,06	34	30,42
9	66,32	38	34,38
10	65,71	42	38,35
11	65,22	46	42,32
12	64,80	50	46,30
13	64,44	54	50,28
14	64,14	58	54,26
15	63,87	62	58,24

Fonte: adaptado de Sant'Ana *et al.* (2017); Legenda: NCH= número de chutes; FCH= frequência de chutes

O teste foi realizado em uma área de 2 x 2 metros, em um boneco de *sparring* (Boomboxe, São Paulo, Brasil) equipado com um protetor de tórax (modelo Daedo) utilizado nos treinamentos e competições da modalidade e posicionado em uma altura correspondente à altura do atleta. Os chutes foram executados em uma distância selecionada pelo atleta e deveria acertar o protetor de tórax (Figura 4). Os atletas foram instruídos a chutar como chutariam em uma competição para marcar pontos. O teste foi conduzido até a exaustão voluntária ou foi interrompido quando o atleta não conseguiu acompanhar a frequência de chutes ou manter a potência de chutes por duas tentativas consecutivas.

Figura 4. Execução do TET

Fonte: Acervo do laboratório, 2018

Durante todo o teste os atletas utilizaram um monitor de frequência cardíaca (Polar FT80™, Kempele, Finland). A FC foi registrada a cada 5 segundos e a FC atingida ao final do teste foi considerada a FC de pico (FC_{pico}). A maior frequência de chutes atingida

durante o teste foi considerada a Frequência de Chutes de pico (FCHpico). Quando o atleta não conseguiu completar o estágio, a FCHpico foi expressa de acordo com o tempo acumulado no estágio final, determinada da seguinte forma: $FCHpico = (\text{Tempo que o atleta permaneceu no último estágio/duração total do último estágio}) \times (\text{Frequência de chutes do penúltimo para o último estágio} + \text{Frequência de chutes do penúltimo estágio})$. O tempo ao término do teste foi considerado o tempo até a exaustão (TE).

4.3.3.2.4 Percepção Subjetiva de Esforço

A escala CR10 proposta por Borg (1982) ([ANEXO III](#)) foi utilizada para avaliar a percepção de esforço dos atletas. Os atletas reportaram a sua PSE ao final de cada estágio do TET e no momento de exaustão voluntária.

4.3.4 Análise Estatística

A verificação dos pressupostos de normalidade dos dados foi feita através do teste Shapiro-Wilk. O teste de Wilcoxon foi utilizado para análise da PSR e PSE-final. Teste *t* pareado foi utilizado para identificar possíveis diferenças nas variáveis TE, FCHpico e FCpico entre as condições PLA e ETCC. Para identificar possíveis diferenças nas variáveis FC e PSE ao final de cada estágio do TET entre as condições PLA e ETCC, foi utilizada ANOVA two-way com medidas repetidas [2 condições (ETCC x PLA) x 5 momentos (0%, 25%, 50%, 75%, 100%)]. Testes post-hoc de Bonferroni foram utilizados quando diferenças foram encontradas. A esfericidade dos dados foi verificada utilizando o teste de Mauchly e correção de Greenhouse-Geisser foi utilizada quando os pressupostos de esfericidade não foram atendidos. O nível de significância foi pré-estabelecido em $\alpha = 0,05$. As análises foram realizadas utilizando o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 21.

Para análise do tamanho do efeito nas análises utilizando o teste *t*, foi calculado *d* de Cohen (classificado por trivial: 0-0,2; pequeno: 0,2-0,6; moderado: 0,6-1,2; grande: 1,2-2,0; muito grande: 2,0-4,0; quase perfeito: >4,0) (HOPKINS, 2002), enquanto nas análises ANOVA foi utilizado η^2 parcial ao quadrado (η^2) (classificado como pequeno: 0,01; moderado: 0,09; grande: 0,25). Para cálculo do tamanho de efeito no teste de Wilcoxon, foi utilizada equação para converter o score *z* em tamanho de efeito “*r*” (classificado por pequeno: 0,10 – 0,30; moderado: 0,30 – 0,50; grande: 0,5 ou maior) (FIELD, 2009).

4.4 RESULTADOS

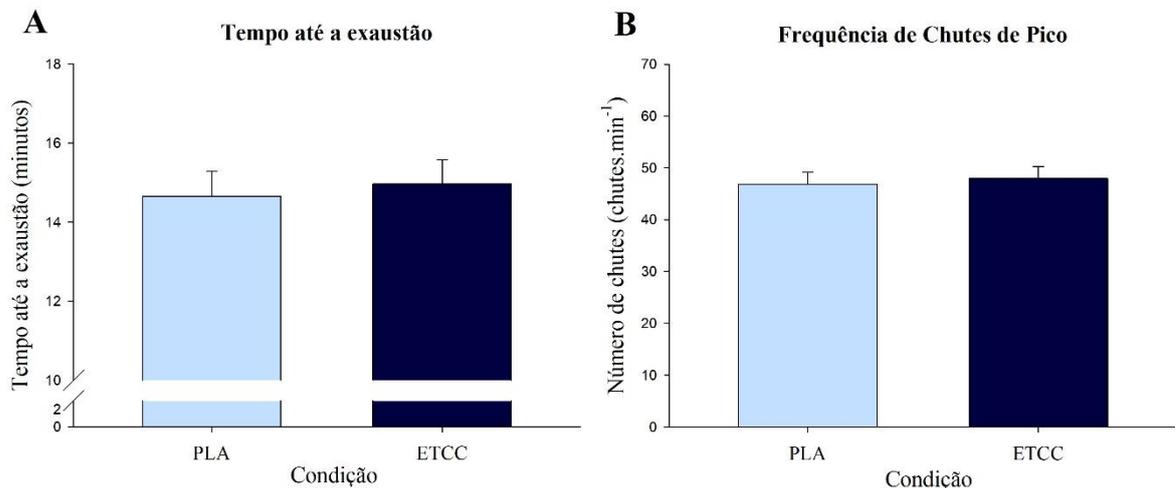
4.4.1 Percepção Subjetiva de Recuperação

Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa [$z= 0,494$, $p= 0,621$; $r= 0,1$ (pequeno)] entre a PSR dos indivíduos nas condições PLA (Mediana: 8; IIQ: 4) e ETCC (Mediana: 9; IIQ: 4).

4.4.2 Teste Progressivo Específico para Praticantes de Taekwondo

O teste t pareado não revelou diferenças estatisticamente significativas entre as condições PLA e ETCC para as variáveis: TE [$t(11)= -0,646$, $p= 0,531$, $d= 0,15$ (trivial)] (Gráfico 1A); FCHpico [$t(11)= -0,646$, $p= 0,532$, $d= 0,25$ (trivial)] (Gráfico 1B); FCpico [$t(11)= 0,290$, $p= 0,777$, $d= 0,08$ (trivial)] (PLA= $194,98 \pm 7,53$; ETCC= $194,33 \pm 8,41$).

Gráfico 1 – Média e erro padrão do tempo até a exaustão (A) e da frequência de chutes de pico no TET (B)

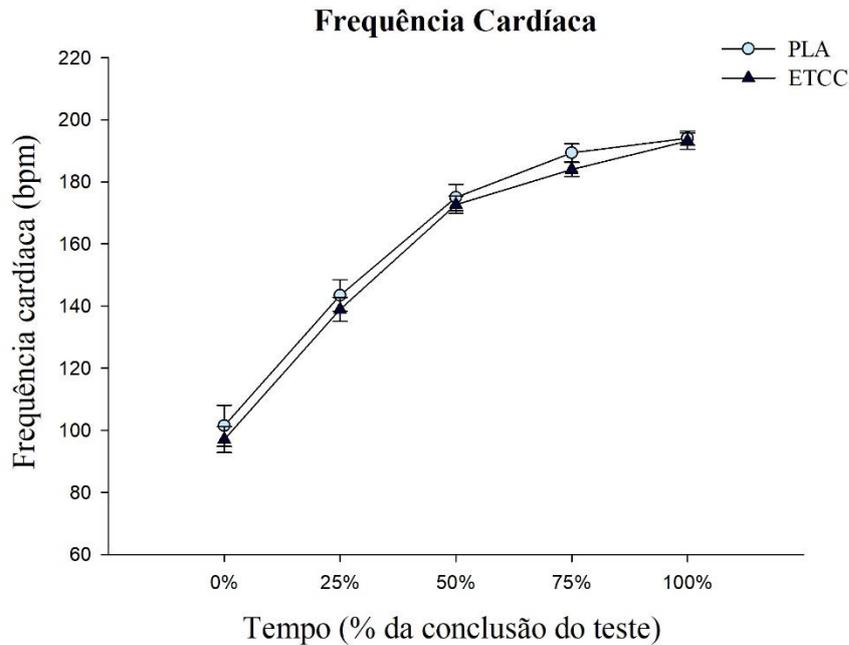


Legenda: PLA, Placebo; ETCC, Estimulação transcraniana por corrente contínua; min, minuto

Para a FC ao longo do teste, houve efeito principal do tempo [$F(1,88, 20,67)= 320,401$; $p< 0,01$; $\eta^2= 0,967$ (grande)] mas não houve efeito da condição [$F(1,11)= 1,795$; $p= 0,207$; $\eta^2= 0,140$ (moderado)] ou da interação entre condição e tempo [$F(1,96, 21,6)= 0,281$;

$p= 0,754$; $\eta^2= 0,025$ (pequeno)]. A FC aumentou progressivamente até o término do teste ($FC0\% < FC25\% < FC50\% < FC75\% < FC100\%$) ($p \leq 0,02$ para todas as comparações) (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Média e erro padrão da frequência cardíaca (FC) durante o TET

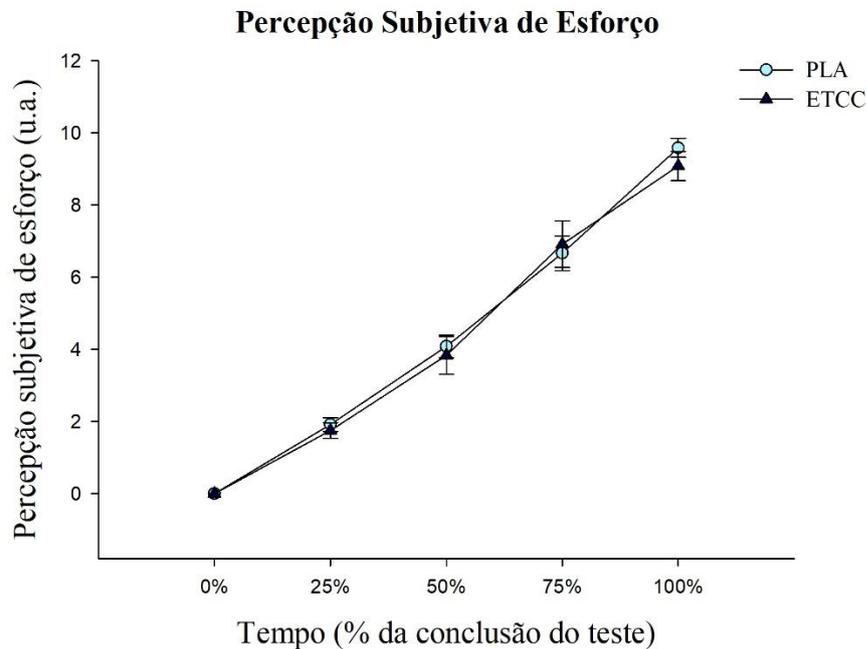


Legenda: bpm, batimentos por minuto; PLA, Placebo; ETCC, Estimulação transcraniana por corrente contínua

4.4.3 Percepção Subjetiva de Esforço

Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa [$z= 0,447$, $p= 0,655$; $r= 0,1$ (pequeno)] entre a PSE-final dos indivíduos nas condições PLA (Mediana: 10; IIQ: 1) e ETCC (Mediana: 10; IIQ: 0). Para a PSE ao longo do teste, houve efeito principal do tempo [$F(1,57, 17,23)= 280,908$; $p < 0,01$; $\eta^2= 0,962$ (grande)] mas não houve efeito da condição [$F(1,11)= 0,301$; $p= 0,594$; $\eta^2= 0,027$ (pequeno)] ou da interação entre condição e tempo [$F(2,67, 29,33)= 0,793$; $p= 0,494$; $\eta^2= 0,067$ (pequeno)]. A PSE aumentou progressivamente até o término do teste ($PSE0\% < PSE25\% < PSE50\% < PSE75\% < PSE100\%$) ($p < 0,01$ para todas as comparações) (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Média e erro padrão da percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o TET



Legenda: PSE, Percepção subjetiva de esforço; PLA, Placebo; ETCC, Estimulação transcraniana por corrente contínua

4.5 DISCUSSÃO

O objetivo do experimento I foi investigar os efeitos da ETCC anódica no desempenho aeróbio e em medidas psicofisiológicas de atletas de taekwondo. Os principais resultados demonstraram que 15 minutos de estimulação com intensidade de 1,5 mA sobre o córtex motor primário, utilizando uma configuração extracefálica bi-hemisférica não melhorou o desempenho aeróbio dos atletas nem alterou a resposta da FC e PSE durante o teste, o que não confirma as nossas principais hipóteses.

Apesar de não confirmar as hipóteses do experimento I da presente dissertação, os resultados corroboram com estudos prévios que não encontraram melhora do desempenho aeróbio após a estimulação anódica (ANGIUS *et al.*, 2015; BARWOOD *et al.*, 2016; OKANO *et al.*, 2017). Angius *et al.* (2015), por exemplo, estimularam o M1 dos voluntários por 10 minutos com uma intensidade de 2 mA e não encontraram melhora no tempo até a exaustão em uma tarefa de ciclismo à 70% do pico de potência dos voluntários. Uma possível explicação dada pelos autores está relacionada à configuração da ETCC adotada. Os autores estimularam apenas o M1 esquerdo, o que pode não ter sido apropriado para uma tarefa bilateral envolvendo grandes massas musculares. Além disso, eles posicionaram o catodo

sobre o CPFDL, potencialmente diminuindo a excitabilidade da área e anulando os possíveis efeitos benéficos da estimulação do M1. Apesar de uma configuração extracefálica bi-hemisférica ter sido adotada no presente experimento para atender as demandas da tarefa (chutes alternados com ambas as pernas) e para evitar os efeitos indesejados do catodo, não foi encontrada melhora do desempenho aeróbio dos atletas.

Diferente dos resultados do experimento I, o estudo de Angius *et al.* (2018) encontrou melhora do desempenho aeróbio e redução da PSE utilizando uma configuração extracefálica bi-hemisférica. De acordo com os autores, o aumento do desempenho está relacionado principalmente à redução da percepção do esforço encontrada. O aumento da excitabilidade do M1 pode ter reduzido a sua necessidade de *inputs* excitatórios para o recrutamento dos músculos locomotores. Isso, por sua vez, teria reduzido as descargas corolárias processadas pelo cérebro a fim de gerar a percepção de esforço. A principal diferença entre as configurações da ETCC adotadas no presente experimento e no estudo de Angius *et al.* (2018) é a intensidade da estimulação. Enquanto a intensidade adotada no presente experimento foi 1,5 mA, os autores utilizaram 2 mA. De fato, maiores intensidades têm sido relacionadas à maiores efeitos pós-ETCC (NITSCHKE; PAULUS, 2000), e outros estudos que encontraram melhora do desempenho aeróbio também utilizaram 2 mA (LATTARI *et al.*, 2018b; OKANO *et al.*, 2015; VITOR-COSTA *et al.*, 2015). No entanto, deve-se destacar que estudos têm demonstrado que os efeitos dependentes da intensidade da ETCC apresentam um comportamento não linear (BATSIKADZE *et al.*, 2013; JAMIL *et al.*, 2017) e que, em alguns casos, protocolos de estimulação à 2 mA por 20 minutos podem, de fato, reverter os efeitos dependentes da polaridade da ETCC (BATSIKADZE *et al.*, 2013). Portanto, a diferença entre os resultados encontrados no presente estudo e no estudo de Angius *et al.* (2018) também pode estar relacionada ao nível dos participantes.

Diferentemente do estudo de Angius *et al.* (2018), nossa amostra foi composta por atletas de nível nacional e internacional, enquanto a amostra de Angius *et al.* (2018) foi composta por indivíduos fisicamente ativos, que provavelmente têm maior possibilidade de aumento do desempenho. Um estudo conduzido por Furuya *et al.* (2014) sugeriu um efeito da ETCC dependente do nível de expertise, no qual a ETCC anódica foi capaz de melhorar o desempenho de indivíduos destreinados mas não o de indivíduos habilidosos.

Apesar da possibilidade de haver um efeito da ETCC dependente do nível de expertise dos sujeitos, pode-se encontrar na literatura estudos que encontraram efeitos benéficos da ETCC no desempenho de atletas (HAZIME *et al.*, 2017; OKANO *et al.*, 2015; VARGAS *et al.*, 2018). Por exemplo, Okano *et al.* (2015) encontraram aumento do tempo até

a exaustão em um teste incremental máximo em cicloergômetro após a estimulação do CT esquerdo dos sujeitos por 20 minutos com uma intensidade de 2 mA. Neste sentido, duas linhas de argumento podem ser apresentadas. Primeiramente, é possível que a complexidade da tarefa seja um fator divergente, uma vez que o estudo de Okano *et al.* (2015) utilizou uma tarefa contínua com menos graus de liberdade que a tarefa utilizada no presente experimento, na qual a coordenação é importante para executar os chutes alternados com ambas as pernas, direcionados ao alvo. Segundo, apesar de Okano *et al.* (2015) terem encontrado melhora do desempenho aeróbio dos atletas, é importante notar que os autores estimularam uma área cerebral diferente, o CT esquerdo. O CT está relacionado tanto ao controle autonômico cardiovascular (MONTENEGRO *et al.*, 2011) quanto à emoções (PESSOA *et al.*, 2002). De fato, Okano *et al.* (2015) encontraram atraso da retirada vagal e diminuição da FC e da PSE durante o teste. Outros estudos também têm investigado áreas diferentes do M1 e encontraram melhora do desempenho físico/esportivo (LATTARI *et al.*, 2018a, 2018b; MAGALHAES SALES *et al.*, 2016). Estes estudos sugerem que a estimulação de áreas mais relacionadas à percepção do esforço, como o CT e CPFDL, pode ser mais apropriada, uma vez que mesmo nos estudos que estimularam o M1, o aumento do desempenho parece estar relacionado à redução da PSE.

Em relação à resposta da FC durante o teste, os resultados do presente experimento estão em concordância com achados prévios. Aparentemente, o estudo de Okano *et al.* (2015) é o único estudo disponível que encontrou diminuição da FC durante o exercício pós-estimulação. Os outros estudos encontrados que investigaram essa variável não verificaram mudanças significativas em resposta à ETCC anódica (ANGIUS *et al.*, 2015, 2018; BARWOOD *et al.*, 2016; OKANO *et al.*, 2017; VITOR-COSTA *et al.*, 2015), mesmo quando houve aumento do desempenho (ANGIUS *et al.*, 2018; VITOR-COSTA *et al.*, 2015). Portanto, parece que a ETCC anódica não afeta as respostas cardiovasculares durante o exercício.

Após a busca e leitura de vários estudos relacionados à ETCC e o desempenho esportivo, parece ser possível constatar que este é o primeiro estudo que investigou os efeitos da ETCC anódica no desempenho aeróbio em uma tarefa relacionada ao esporte diferente do ciclismo. Ou seja, as características do protocolo de teste adotado no presente experimento podem ter influenciado os resultados encontrados. Sendo assim, apesar de um pesquisador com experiência na modalidade estar presente durante a realização do teste para observar e fornecer *feedback* sobre o padrão de chutes exigido, não houve controle direto da potência dos chutes e da intensidade do *stepping*. Portanto, os atletas podem, mesmo que ligeiramente, ter

mudado o padrão de chutes e/ou variado a intensidade de suas ações em alguns períodos do teste. Outra limitação é que não foram utilizadas medidas da excitabilidade cortical, o que impossibilita a confirmação de que a configuração da ETCC adotada foi suficiente para modular a excitabilidade do M1.

Em conclusão, os resultados do experimento I mostraram que a estimulação do M1 utilizando uma configuração extracefálica bi-hemisférica não provocou mudanças significativas no desempenho aeróbio dos atletas de taekwondo, nem nas respostas da FC e PSE. Portanto, atletas, treinadores e outros profissionais envolvidos no treinamento esportivo devem estar cientes das diferenças entre configurações de ETCC e ter cuidado com a sua utilização de maneira “direta-ao-consumidor”.

5 EXPERIMENTO II

5.1 OBJETIVOS

- 1 – Verificar se a ETCC anódica do M1 influencia o desempenho de atletas de taekwondo no *Frequency Speed of Kick Test* múltiplas séries (FSKT_{mult});
- 2 – Verificar se a ETCC anódica do M1 influencia o desempenho de atletas de taekwondo no salto com contramovimento;
- 3 – Verificar se a ETCC anódica do M1 influencia a PSE-sessão dos atletas de taekwondo;
- 4 – Investigar se os efeitos da ETCC anódica do M1 persistem por até 60 minutos.

5.2 HIPÓTESES

- 1 – A ETCC do M1 promoverá melhora do desempenho de atletas de taekwondo no FSKT_{mult};
- 2 – A ETCC anódica do M1 promoverá melhora do desempenho de atletas de taekwondo no salto com contramovimento;
- 3 – A ETCC anódica do M1 diminuirá a PSE-sessão dos atletas de taekwondo;
- 4 – Os efeitos da ETCC anódica do M1 persistirão por até 60 minutos.

5.3 MATERIAIS E MÉTODOS

5.3.1 Cuidados éticos

O experimento II seguiu os mesmos cuidados éticos citados na seção “[Cuidados éticos](#)” do experimento I.

5.3.2 Amostra

A amostra foi composta por dezenove atletas de taekwondo faixas pretas (12 homens, 7 mulheres; média \pm DP, idade: 19 ± 3 anos; massa corporal: $60,7 \pm 6,9$ kg; estatura: $171,7 \pm 6,9$ cm; gordura corporal: 13 ± 8 %; tempo de prática: $8,9 \pm 5$ anos; nível: internacional/nacional). Os atletas participavam em aproximadamente sete sessões de treinamento específicas e em três sessões de treinamento de força por semana. Os atletas reportaram não possuir nenhuma doença neuropsiquiátrica e lesão nos membros inferiores. Os atletas também reportaram não estar em processo de perda de peso de maneira aguda.

5.3.3 Procedimentos do estudo

Cada voluntário compareceu ao Laboratório de Estudos e Pesquisas em Esportes de Combate (LEPEC) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) duas vezes, com intervalo mínimo de 48 horas. Em cada visita os voluntários foram expostos às condições experimentais. Uma visita prévia ao local de treinamento dos atletas foi realizada para execução do protocolo de familiarização com o salto com contramovimento e com o FSKT_{mult}.

5.3.3.1 Familiarização

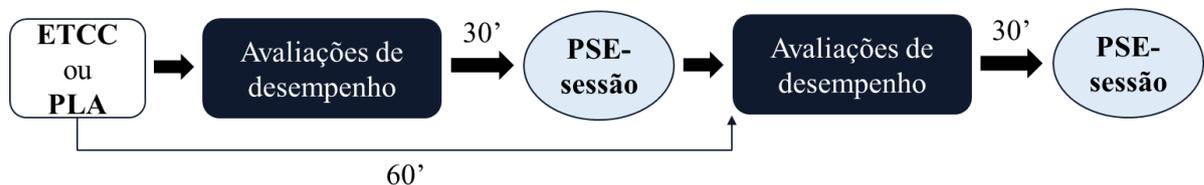
Foi realizada uma sessão de familiarização com o salto com contramovimento e com o FSKT_{mult} no próprio local de treinamento dos atletas. Apesar de o salto com contramovimento ser comumente utilizado por atletas da modalidade em suas rotinas de treinamento e a técnica utilizada no FSKT_{mult} ser frequente nos treinamentos e competições, a familiarização com os testes foi adotada para garantir que todos os atletas estivessem familiarizados e com o rendimento estabilizado para evitar efeitos de aprendizagem durante o estudo.

5.3.3.2 Sessões experimentais

Para as sessões experimentais, os atletas foram alocados de forma aleatorizada e contrabalanceada para a condição de placebo (PLA) ou de estimulação (ETCC). No início de

cada sessão, os voluntários deveriam reportar a sua percepção subjetiva de recuperação (PSR). Em cada sessão os atletas realizaram avaliações de desempenho imediatamente e 1 hora após a estimulação. Além disso, os atletas também deveriam reportar a sua percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE-sessão) trinta minutos após a execução dos testes. As sessões experimentais foram realizadas no mesmo horário do dia com 48 horas de intervalo. Os atletas foram instruídos a não consumir álcool e cafeína e a não realizar exercício físico intenso 48 horas antes das sessões. Os procedimentos das sessões experimentais estão representados na figura 5.

Figura 5. Procedimentos das sessões experimentais do experimento II



Avaliações de desempenho



Fonte: Do autor, 2018. Legenda: ETCC, Estimulação transcraniana por corrente contínua; PLA, placebo; PSE-sessão, Percepção subjetiva de esforço da sessão; FSKT_{mult}. *Frequency speed of kick test* múltiplas séries

5.3.3.2.1 Percepção Subjetiva de Recuperação

No início de cada sessão experimental, os atletas relataram a sua percepção de recuperação. Foi apresentada ao indivíduo uma versão impressa da escala de PSR desenvolvida por Laurent *et al.* (2011) ([APÊNDICE V](#)).

5.3.3.2.2. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

A estimulação transcraniana por corrente contínua foi aplicada de acordo com as especificações descritas na seção “[Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua](#)” do experimento I.

5.3.3.2.3 Avaliações de desempenho

Em cada sessão experimental, as avaliações de desempenho foram realizadas em dois momentos: imediatamente (Momento 1) e uma hora (Momento 2) após o término da estimulação. Os atletas iniciaram com um aquecimento e prosseguiram para o salto com contramovimento e o FSKT_{mult}.

Aquecimento - Os atletas realizaram cinco minutos de aquecimento composto de deslocamentos (dois minutos) e chutes (três minutos) específicos da modalidade em baixa intensidade.

Salto com contramovimento – Dois minutos após o aquecimento, os atletas executaram três saltos com contramovimento com um minuto de intervalos entre eles. Os participantes foram instruídos a saltar o mais alto possível e a manter as mãos na cintura e joelhos estendidos durante a fase aérea do salto. Os saltos foram realizados em um tapete de contato (Hidrofit, Minas Gerais, Brazil). A maior altura de salto das três tentativas foi considerada para análise. Os atletas descansaram por dois minutos e então prosseguiram para o FSKT_{mult}.

Frequency Speed of Kick Test múltiplas séries (FSKT_{mult}) – Os atletas executaram o FSKT_{mult} imediatamente e 60 minutos após a estimulação. O FSKT_{mult} é um teste no qual o atleta deve desferir a maior quantidade de chutes *bandal tchagui*, alternando as pernas, em 5 séries de 10 segundos, com 10 segundos de intervalo. São quantificados os chutes realizados em cada série e o número total de chutes. O índice de decréscimo de chutes (IDC) é então calculado para indicar o decréscimo no rendimento durante o teste de acordo com a equação 4 (GIRARD; MENDEZ-VILLANUEVA; BISHOP, 2011). O teste foi realizado em um boneco de *sparring* da marca Boombote equipado com um protetor de tórax (modelo Daedo) utilizado nos treinamentos e competições da modalidade. A execução do FSKT_{mult} pode ser observada na figura 6.

$$IDC (\%) = 1 - \left[\frac{FSKT1+FSKT2+FKST3+FSKT4+FSKT5}{\text{melhor FSKT} \times \text{número de séries}} \right] \times 100 \quad (4)$$

Onde: FSKT = número de chutes executados; 1-5 = número da série executada (ex.: FSKT1 = número de chutes executados na primeira série)

Figura 6. Execução do *Frequency Speed of Kick Test* múltiplas séries



Fonte: Acervo do laboratório, 2018

Percepção Subjetiva de Esforço da Sessão (PSE-sessão) – A escala PSE-sessão proposta por Foster *et al.* (2001) ([ANEXO IV](#)) foi utilizada para avaliar a percepção de esforço dos atletas. Os atletas reportaram a sua PSE-sessão trinta minutos após a execução do FSKT_{mult} em cada momento. Os atletas foram orientados a considerar toda a sessão executada.

5.3.4 Análise Estatística

A verificação dos pressupostos de normalidade dos dados foi feita através do teste Shapiro-Wilk. O teste de Wilcoxon foi utilizado para análise da PSR. Para identificar possíveis diferenças nas variáveis altura do salto com contramovimento, FSKT_{total}, IDC e PSE-sessão entre as condições PLA e ETCC, foi utilizada ANOVA *two-way* com medidas repetidas [2 condições (ETCC x PLA) x 2 momentos (Momento 1 x Momento 2)]. Para a FSKT₁₋₅, ANOVA *three-way* com medidas repetidas [2 condições (ETCC x PLA) x 5 séries (FSKT₁₋₅) x 2 momentos (Momento 1 x Momento 2)] foi utilizada e testes post-hoc de Bonferroni foram utilizados quando diferenças foram encontradas. A esfericidade dos dados foi verificada utilizando o teste de Mauchly e correção de Greenhouse-Geisser foi utilizada quando os pressupostos de esfericidade não foram atendidos.

Para análise do tamanho do efeito nas análises ANOVA foi utilizado o eta parcial ao quadrado (η^2) (classificado como pequeno: 0,01; moderado: 0,09; grande: 0,25). Para cálculo do tamanho de efeito no teste de Wilcoxon, foi utilizada equação para converter o score z em tamanho de efeito “r” (classificado por pequeno: 0,10 – 0,30; moderado: 0,30 – 0,50; grande: 0,5 ou maior) (FIELD, 2009). O nível de significância foi pré-estabelecido em α

= 0,05. As análises foram realizadas utilizando o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 21.

5.4. RESULTADOS

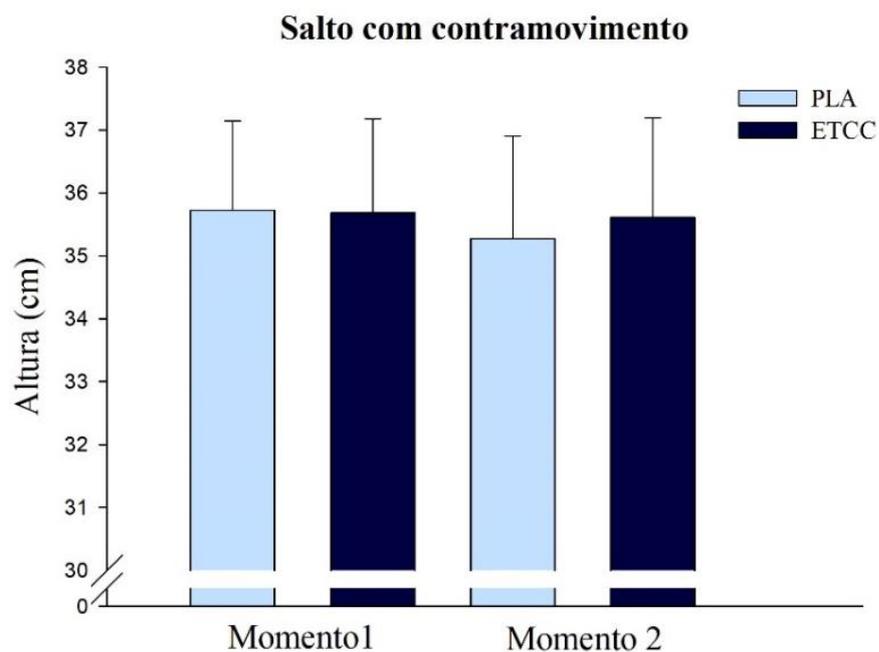
5.4.1 Percepção Subjetiva de Recuperação

Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa [$z= 1,412$, $p= 0,158$; $r= 0,32$ (moderado)] entre a PSR dos indivíduos nas condições PLA (Mediana: 10; IIQ: 2) e ETCC (Mediana: 9; IIQ: 2).

5.4.2 Salto com Contramovimento

A ANOVA *two-way* com medidas repetidas não indicou efeito da condição [$F(1,18) = 0,126$; $p= 0,726$; $\eta^2= 0,007$ (pequeno)], momento [$F(1,18)= 0,518$; $p= 0,481$; $\eta^2= 0,028$ (pequeno)] ou da interação entre condições e momentos [$F(1,18)= 0,352$; $p= 0,560$; $\eta^2= 0,019$ (pequeno)] (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Média e erro padrão da altura do salto com contramovimento



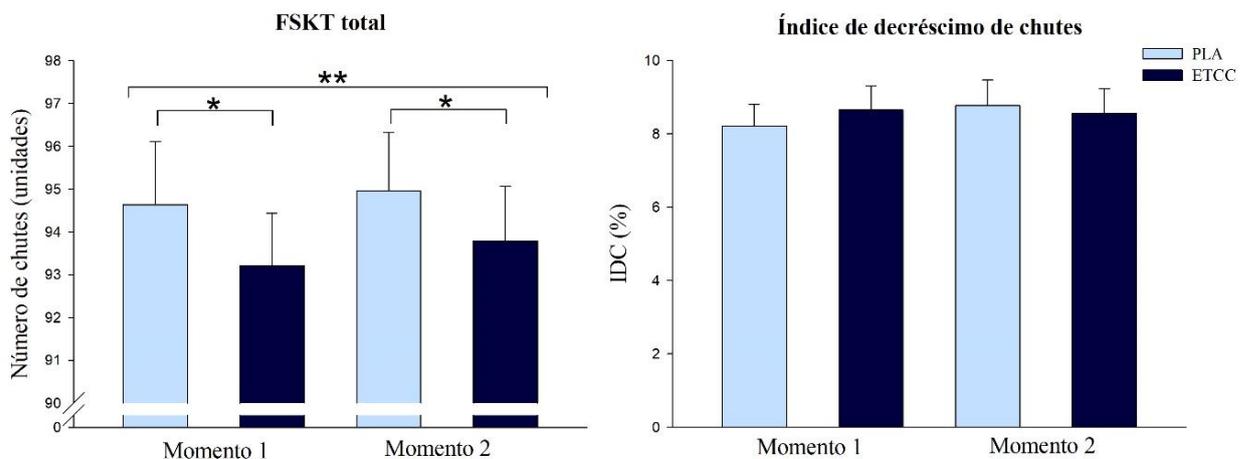
Legenda: PLA, Placebo; ETCC, Estimulação transcraniana por corrente contínua; cm, centímetros

5.4.3 Frequency Speed of Kick Test múltiplas séries

Para a variável número total de chutes (FSKT_{total}), houve efeito da condição [F(1,18) = 11,687; p= 0,003; η^2 = 0,394 (grande)] e momento [F(1,18) = 4,738; p= 0,043; η^2 = 0,208 (moderado)]. A condição ETCC resultou em um número total de chutes menor em comparação à condição PLA. Além disso, o número total de chutes foi maior no momento 2. No entanto, não houve interação entre condições e momentos [F(1,18)= 0,170; p= 0,685; η^2 = 0,009 (pequeno)] (Gráfico 5A).

Para o índice de decréscimo de chutes (IDC), não houve efeito da condição [F(1,18)= 0,055; p= 0,817; η^2 = 0,003 (pequeno)], momento [F(1,18) = 0,191; p= 0,667; η^2 = 0,010 (pequeno)] ou interação entre condições e momentos [F(1,18) = 0,679; p= 0,421; η^2 = 0,036 (pequeno)] (Gráfico 5B).

Gráfico 5 – Média e erro padrão do número total de chutes (A) e do índice de decréscimo de chutes (B)

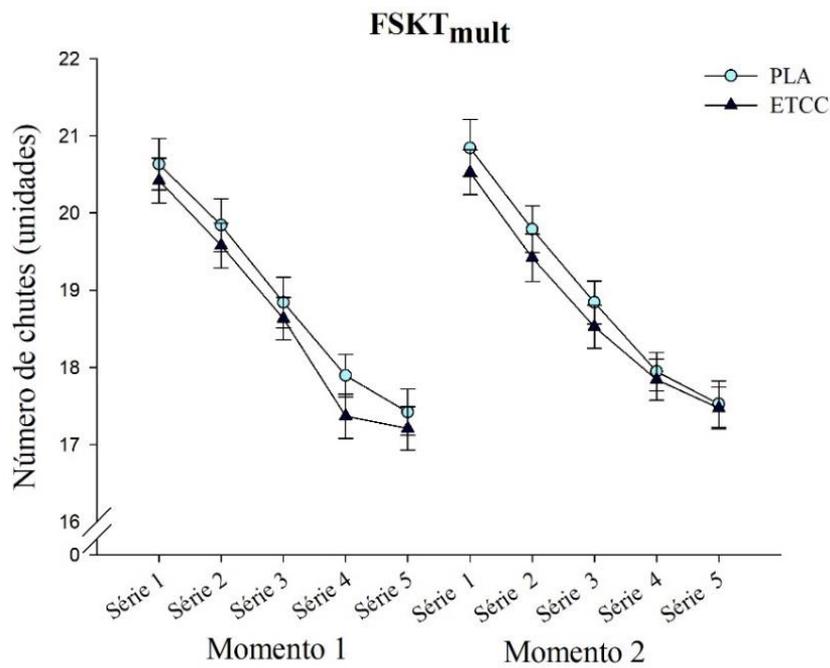


Legenda: IDC, Índice de decréscimo de chutes; PLA, placebo; ETCC, estimulação transcraniana por corrente contínua. * indica diferença significativa (p<0,05) entre condições; ** indica diferença significativa (p<0,05) entre momentos

Para o número de chutes em cada série (FSKT₁₋₅), a ANOVA *three-way* com medidas repetidas revelou efeito principal do número de séries [F(1,57, 28,24)= 137,216; p< 0,001; η^2 = 0,884 (grande)], da condição [F(1,18)= 11,687; p= 0,003; η^2 = 0,394 (grande)] e do momento [F(1,18)= 4,738; p= 0,043; η^2 = 0,208 (moderado)]. O número de chutes foi maior nas séries anteriores (FSKT₁ > FSKT₂₋₅; FSKT₂ > FSKT₃₋₅; FSKT₃ > FSKT₄₋₅; FSKT₄ > FSKT₅) (p< 0,01 em todas as comparações). O número de chutes foi menor na condição

ETCC em comparação à condição PLA e maior no momento 2 em comparação ao momento 1. Não foram encontradas interações entre condições e séries [$F(2,69, 48,43) = 0,493$; $p = 0,669$; $\eta^2 = 0,027$ (pequeno)], condições e momentos [$F(1,18) = 0,170$; $p = 0,685$; $\eta^2 = 0,009$ (pequeno)], momentos e séries [$F(2,60, 46,83) = 2,552$; $p = 0,075$; $\eta^2 = 0,124$ (moderado)] ou condições, momentos e séries [$F(4,72) = 1,700$; $p = 0,159$; $\eta^2 = 0,086$ (pequeno)] (Gráfico 6).

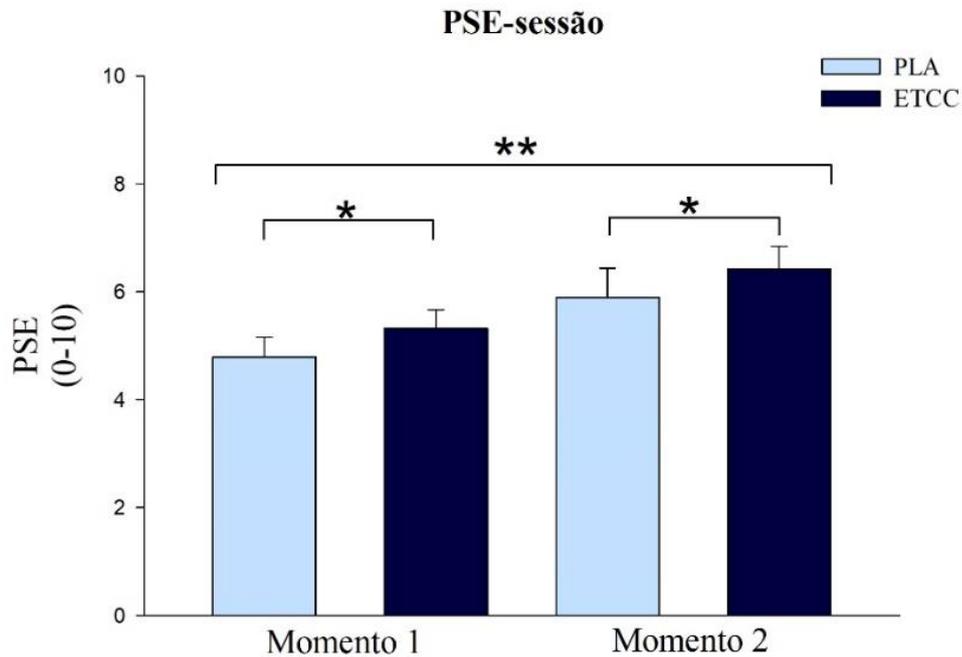
Gráfico 6 – Média e erro padrão do número de chutes executados em cada série do FSKT_{mult}



Legenda: PLA, Placebo; ETCC, Estimulação transcraniana por corrente contínua

5.4.4 Percepção Subjetiva de Esforço da Sessão

Para a PSE-sessão, houve efeito da condição [$F(1,18) = 4,461$; $p = 0,049$; $\eta^2 = 0,199$ (moderado)] e do momento [$F(1,18) = 8,652$; $p = 0,009$; $\eta^2 = 0,325$ (grande)]. Os atletas reportaram maior PSE-sessão na condição ETCC em comparação à condição PLA e no momento 2 em comparação ao momento 1. Não foi detectada interação entre condições e momentos [$F(1,18) = 0,001$; $p = 0,999$; $\eta^2 = 0,001$ (pequeno)] (Gráfico 7).

Gráfico 7 – Média e erro padrão da percepção subjetiva de esforço da sessão

Legenda: PSE, Percepção subjetiva de esforço; PLA, Placebo; ETCC, Estimulação transcraniana por corrente contínua. * indica diferença significativa ($p < 0,05$) entre condições; ** indica diferença significativa ($p < 0,05$) entre momentos

5.5 DISCUSSÃO

O objetivo do experimento II foi investigar os efeitos da ETCC anódica do M1 no desempenho no salto com contramovimento, $FSKT_{mult}$ e na PSE-sessão de atletas de taekwondo. Além disso, buscou-se verificar se os efeitos da estimulação persistiriam após 60 minutos. Os resultados demonstraram que 15 minutos de estimulação com intensidade de 1,5 mA sobre o córtex motor primário, utilizando uma configuração extracefálica bi-hemisférica não provocou mudanças significativas no desempenho no salto com contramovimento, no número de chutes por série do $FSKT_{mult}$ e no IDC. No entanto, a estimulação diminuiu o número de chutes total no $FSKT_{mult}$, aumentou a PSE-sessão dos atletas e os seus efeitos persistiram por 60 minutos.

Um possível efeito benéfico da ETCC extracefálica bi-hemisférica do M1 no desempenho no $FSKT_{mult}$ e no salto com contramovimento estaria relacionado ao papel do M1 na execução motora e no desenvolvimento da fadiga supraespinal (ANGIUS; HOPKER; MAUGER, 2017; GANDEVIA, 2001). A ETCC do M1 aumentaria a excitabilidade local, aumentando seu *output* e atrasando o desenvolvimento da fadiga supraespinal. Além disso, o

aumento do *output* do M1 também poderia aprimorar a capacidade do sistema nervoso central de gerar força durante esforços máximos (GANDEVIA, 2001; GANDEVIA *et al.*, 1996). No entanto, os resultados do presente experimento mostraram que a ETCC anódica extracefálica bi-hemisférica do M1 piorou o desempenho de atletas de taekwondo no FSKT_{mult}.

Um estudo recente desenvolvido por Furuya *et al.* (2014) também relatou efeitos deletérios da ETCC anódica e, apesar de ter sido conduzido com pianistas, oferece uma possível explicação para os resultados encontrados no experimento II. Os autores estimularam o M1 dos sujeitos por 15 minutos com intensidade de 2 mA e encontraram redução no desempenho de pianistas *experts*, mas não no desempenho de sujeitos não músicos. A explicação providenciada pelos autores reside no fato de que tocar piano requer vários padrões diferentes de coordenação de movimentos ao longo das articulações e músculos que podem necessitar uma elaborada organização do córtex motor. Os resultados de Furuya *et al.* (2014) sugerem que, em estudos com ETCC, é importante considerar o nível dos sujeitos na tarefa.

A aquisição de habilidades motoras é caracterizada pelos estágios cognitivo, associativo e autônomo (FITTS; POSNER, 1967), que parece ser acompanhada por neuroplasticidade com interações corticais e subcorticais (KARNI *et al.*, 1998; PUTTEMANS; WENDEROTH; SWINNEN, 2005). No estágio cognitivo da aquisição de habilidades motoras, um aumento da ativação do M1 tem sido previamente observado e pode ser o resultado da construção de uma representação motora específica, como o estabelecimento de uma ordenação espaço-temporal dos comandos motores. Ao contrário, no estágio autônomo, os indivíduos acumulam considerável quantidade de prática (ex.: atletas) e exibem uma diminuição na ativação do M1 (KARNI *et al.*, 1998; PUTTEMANS; WENDEROTH; SWINNEN, 2005). Nesse sentido, estudos com neuroimagem (ex.: NAITO; HIROSE, 2014) têm reportado menor ativação cortical em jogadores habilidosos quando comparados à jogadores não-habilidosos, o que sugere um recrutamento seletivo de neurônios motores específicos. De fato, um estudo com atletas de outra modalidade de combate de percussão, o caratê, indicou que atletas de elite apresentam menor ativação cortical durante movimentos voluntários simples com as mãos (DEL PERCIO *et al.*, 2010), o que tem sido denominado “eficiência neural” (DEL PERCIO *et al.*, 2008, 2010). Portanto, o aumento da excitabilidade do córtex motor de atletas (indivíduos bem treinados) pode perturbar o recrutamento neuromuscular, causando a facilitação indesejada de neurônios motores que inervam músculos que deveriam ser suprimidos (FURUYA *et al.*, 2014).

Os resultados do presente experimento sugerem que atletas de taekwondo podem apresentar menor ativação e uma diferente arquitetura funcional do córtex motor quando comparados à indivíduos menos habilidosos. Além disso, a execução de uma tarefa complexa, na qual a coordenação é importante para executar um maior número de chutes ao alvo, pode exigir uma organização mais elaborada do córtex motor. Portanto, o córtex motor de atletas pode ser perturbado mais facilmente que o córtex motor de não-atletas, que podem conter programas motores relativamente menos especializados (FURUYA *et al.*, 2014). Adicionalmente, os resultados do presente experimento mostram que a PSE-sessão dos atletas foi significativamente maior na condição ETCC do que na condição PLA. Uma explicação plausível pode estar relacionada à perturbação do recrutamento neuromuscular. A facilitação indesejada de neurônios motores que inervam músculos que deveriam ser suprimidos pode ter levado a um aumento do gasto energético e conseqüentemente à maior percepção do esforço.

Diferentemente da hipótese do presente experimento, a ETCC anódica extracefálica bi-hemisférica do M1 não influenciou o desempenho dos atletas de taekwondo no salto com contramovimento. Um estudo recente realizado por Lattari *et al.* (2017) demonstrou que houve melhora do desempenho no salto após a ETCC anódica (2 mA durante 20 minutos com o anodo posicionado sobre o ponto Cz e o catodo sobre a área supraorbital direita) em indivíduos considerados avançados em treinamento de força. No entanto, diferente dos indivíduos investigados por Lattari *et al.* (2017), os indivíduos que fizeram parte do presente experimento são frequentemente expostos ao salto com contramovimento para o controle da carga de treinamento e nas avaliações realizadas com eles, e portanto, provavelmente são melhor treinados na tarefa, apresentando menor possibilidade de melhora.

Como foram encontrados efeitos deletérios da condição ETCC quando comparada à condição PLA na variável FSKT_{total} mas não no salto com contramovimento, é plausível especular que a complexidade da tarefa, além da experiência dos indivíduos, parece ser uma variável importante na interpretação dos efeitos da ETCC. Apesar de não haver uma definição universalmente aceita, a complexidade da tarefa parece estar relacionada às demandas intrínsecas (ex.: ações multiarticulares) e extrínsecas (ex.: complexidade espacial da ação) da tarefa (HAUSMANN; KIRK; CORBALLIS, 2004). Portanto, pode-se assumir que o FSKT_{mult} é uma tarefa mais complexa que o salto com contramovimento porque as demandas intrínsecas e extrínsecas são maiores no FSKT_{mult}. Como o salto com contramovimento é uma tarefa menos complexa e com menor necessidade de coordenação entre os membros, parece que a ETCC anódica não é capaz de prejudicar a sua execução. Além disso, o fato de não ter sido possível detectar um efeito deletério da ETCC anódica no desempenho nas séries

isoladas do FSKT_{mult} (ausência de interação entre condição e séries), pode ser um indicativo de que a duração da tarefa também influencia os efeitos da ETCC no desempenho de atletas. Portanto, em tarefas de curta duração como o salto com contramovimento e as séries do FSKT_{mult}, não há tempo suficiente para desenvolver uma fadiga supraespinhal substancial e/ou os efeitos deletérios causados pela perturbação do sistema neuromuscular não são detectáveis.

Ainda, é importante destacar a preocupação previamente apresentada por Edwards *et al.* (2017) em relação à expansão da utilização da ETCC de maneira direta ao consumidor, especialmente em atletas. O presente experimento pode ter implicações práticas, particularmente em relação à utilização da ETCC como recurso ergogênico. Diferente de outras técnicas de neuroestimulação (ex.: estimulação magnética transcraniana), os aparelhos de ETCC são relativamente pequenos e de fácil utilização, e portanto têm sido utilizados por pessoas que desconhecem os seus potenciais efeitos (ANTAL *et al.*, 2017). Além disso, parece ser precoce assumir os efeitos benéficos da ETCC em todos os contextos. Ou seja, mais estudos são necessários, especialmente realizados com amostras de atletas. No entanto, apesar de os resultados do presente experimento demonstrarem efeitos deletérios da ETCC no desempenho de tarefas relacionadas ao esporte em atletas, Okano *et al.* (2015) encontraram resultados divergentes. Os autores investigaram os efeitos de 20 minutos de ETCC anódica sobre o CT esquerdo de ciclistas treinados durante um teste incremental máximo e encontraram efeitos estatisticamente significativos no pico de potência durante o teste, na FC e na PSE em cargas submáximas. Logo, é possível que outras configurações, principalmente a estimulação de outras áreas corticais, sejam benéficas para atletas.

O presente experimento apresentou algumas limitações. Não foram utilizadas medidas da excitabilidade cortical e, portanto, as explicações sugeridas para os efeitos deletérios encontrados são hipotéticas. Além disso, não se pode descartar a possibilidade de que a configuração da ETCC adotada tenha afetado áreas adjacentes ao M1, como as áreas motoras suplementares. Portanto, os resultados encontrados podem estar relacionados à modulação da atividade neuronal não só do M1, mas também de outras áreas adjacentes, como a área motora suplementar.

Por fim, os resultados do experimento II indicaram que a ETCC anódica extracefálica bi-hemisférica piorou o desempenho de atletas de taekwondo no FSKT_{mult} e a sua PSE-sessão, e o efeito se manteve por 60 minutos após a estimulação. Entretanto, não houve influência no salto com contramovimento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estimulação transcraniana por corrente contínua tem sido considerada uma técnica capaz de influenciar diferentes aspectos do desempenho físico/esportivo. No entanto, estudos realizados com atletas e envolvendo tarefas específicas são escassos, e a heterogeneidade dos protocolos adotados não permite chegar a nenhuma conclusão assertiva sobre os seus efeitos ergogênicos (vide revisão de literatura). Além disso, os resultados da presente dissertação demonstraram que a ETCC anódica do M1 utilizando uma montagem extracefálica bi-hemisférica não foi benéfica para o desempenho de atletas de taekwondo. Mais especificamente, em relação ao desempenho e as respostas psicofisiológicas durante o teste aeróbio (experimento I), não foi identificada nenhuma mudança significativa. Já em relação ao desempenho anaeróbio (experimento II), não houve nenhum efeito no salto com contramovimento nem nas séries isoladas do FSKT_{mult}, mas houve redução do número de chutes total e aumento da PSE-sessão dos atletas.

De forma geral, os resultados da presente dissertação parecem estar relacionados ao nível de expertise dos indivíduos, à complexidade e duração da tarefa, à intensidade da estimulação e à área cerebral estimulada. Indivíduos altamente treinados (ex.: atletas) apresentam menor possibilidade de melhora do desempenho e, como demonstrado no experimento II, a ETCC pode, na verdade, perturbar o recrutamento do sistema neuromuscular e conseqüentemente diminuir o desempenho, uma vez que esses indivíduos apresentam maior eficiência neural. Além disso, o efeito deletério da ETCC parece depender, além do nível do indivíduo, da complexidade e duração da tarefa. Tal efeito só seria manifestado/detectado em tarefas complexas com alta demanda de coordenação (ex.: chutes alternando os membros) e com tempo suficiente para o acúmulo desse efeito. Essa hipótese explicaria a ausência de efeitos no salto com contramovimento, nas séries isoladas do FSKT_{mult} e no TET. Apesar de a duração total do TET ser superior à duração FSKT_{mult}, o tempo de intervalo entre chutes também é superior, e conseqüentemente há uma menor exigência de coordenação entre os membros. Ademais, é possível que a utilização de maiores intensidades (ex.: 2mA) e a estimulação de áreas cerebrais mais relacionadas à percepção de esforço sejam mais adequadas. Estudos adicionais utilizando amostras de atletas são necessários. Pesquisadores são encorajados a investigar a influência do nível de expertise dos sujeitos, da complexidade da tarefa e de outras configurações de estimulação (ex.: maiores intensidades, outras áreas cerebrais) nos efeitos da ETCC no desempenho de atletas.

Em conclusão, atletas, treinadores e outros profissionais envolvidos no treinamento esportivo devem estar cientes das diferenças entre configurações de ETCC e ter cuidado com a sua utilização de maneira “direta-ao-consumidor”. Apesar de estudos terem demonstrado resultados promissores sobre os efeitos benéficos da ETCC no desempenho físico/esportivo, os resultados dos experimentos I e II sugerem que a ETCC do M1 não é benéfica para o desempenho de atletas de taekwondo em tarefas específicas da modalidade.

REFERÊNCIAS

- ABDELMOULA, A.; BAUDRY, S.; DUCHATEAU, J. Anodal transcranial direct current stimulation enhances time to task failure of a submaximal contraction of elbow flexors without changing corticospinal excitability. **Neuroscience**, v. 322, p. 94–103, 2016.
- ANDERSEN, K. L.; LUND-JOHANSEN, P.; CLAUSEN, G. Metabolic and Circulatory Responses to Muscular Exercise in a Subject with Glycogen Storage Disease (McArdle's Disease). **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, v. 24, n. 2, p. 105–113, 1969.
- ANGIUS, L. *et al.* The effect of transcranial direct current stimulation of the motor cortex on exercise-induced pain. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 11, p. 2311–2319, 2015.
- ANGIUS, L. *et al.* Transcranial Direct Current Stimulation Improves Isometric Time to Exhaustion of the Knee Extensors. **Neuroscience**, v. 339, p. 363–375, 2016.
- ANGIUS, L. *et al.* Bilateral extracephalic transcranial direct current stimulation improves endurance performance in healthy individuals. **Brain Stimulation**, v. 11, p. 108–117, 2018.
- ANGIUS, L.; HOPKER, J.; MAUGER, A. R. The Ergogenic Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Exercise Performance. **Frontiers in Physiology**, v. 8, n. 90, p. 1–7, 2017.
- ANTAL, A. *et al.* Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. **Clinical Neurophysiology**, v. 128, n. 9, p. 1774–1809, 2017.
- ARMIJO-OLIVO, S. *et al.* PEDro or Cochrane to Assess the Quality of Clinical Trials? A Meta-Epidemiological Study. **Plos One**, v. 10, n. 7, p. 1–14, 2015.
- ASTORINO, T. A.; ROBERSON, D. W. Efficacy of Acute Caffeine Ingestion for Short-term High-Intensity Exercise Performance: A Systematic Review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 1, p. 257–265, 2010.
- BARWOOD, M. J. *et al.* The Effects of Direct Current Stimulation on Exercise Performance, Pacing and Perception in Temperate and Hot Environments. **Brain Stimulation**, v. 9, n. 6, p. 842–849, 2016.
- BASTANI, A.; JABERZADEH, S. a-tDCS Differential Modulation of Corticospinal Excitability: The Effects of Electrode Size. **Brain Stimulation**, v. 6, n. 6, p. 932–937, 2013.
- BATSIKADZE, G. *et al.* Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans. **J Physiol**, v. 591, n. 7, p. 1987–2000, 2013.

BEDOYA, A. A.; MILTENBERGER, M. R.; LOPEZ, R. M. Plyometric Training Effects on Athletic Performance in Youth Soccer Athletes: A Systematic Review. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 8, p. 2351–60, 2015.

BERTHELOT, G. *et al.* Has Athletic Performance Reached its Peak? **Sports Medicine**, v. 45, n. 9, p. 1263–1271, 2015.

BIKSON, M.; RAHMAN, A. Origins of specificity during tDCS: anatomical, activity-selective, and input-bias mechanisms. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 7, n. 688, p. 1–5, 2013.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, n. 5, p. 337–381, 1982.

BRAZIER, J. *et al.* Anthropometric and Physiological Characteristics of Elite Male Rugby Athletes. **Journal of strength and conditioning research**, p. 1–12, 2018.

BRIDGE, C. A. *et al.* Physical and Physiological Profiles of Taekwondo Athletes. **Sports Medicine**, v. 44, n. 6, p. 713–733, 2014.

BRIDGE, C. A.; JONES, M. A.; DRUST, B. Physiological Responses and Perceived Exertion During International Taekwondo Competition. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 4, n. 4, p. 485–493, 2009.

BRUNONI, A. R. *et al.* Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions. **Brain Stimulation**, v. 5, n. 3, p. 175–195, 2012.

CAMPOS, F. A. D. *et al.* Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 4, p. 1221–1228, 2012.

CHAABÈNE, H. *et al.* Physical and Physiological Profile of Elite Karate Athletes. **Sports Medicine**, v. 42, n. 10, p. 829–843, 2012.

CICCONI, A. B. *et al.* Transcranial Direct Current Stimulation of the Temporal Lobe Does Not Affect High Intensity Work Capacity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2018.

COGIAMANIAN, F. *et al.* Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas. **European Journal of Neuroscience**, v. 26, n. 1, p. 242–249, 2007.

COLZATO, L. S.; NITSCHKE, M. A.; KIBELE, A. Noninvasive Brain Stimulation and Neural Entrainment Enhance Athletic Performance — a Review. **Journal of Cognitive Enhancement**, v. 1, n. 1, p. 73–79, 2017.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE TAEKWONDO. **Normas Gerais de Competição.**

Disponível em: <<http://www.cbtkd.org.br/wp-content/uploads/2017/10/Normas-Gerais-de-Competição-3.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Developing Maximal Neuromuscular Power - Part 1 - Biological Basis of Maximal Power Production. **Sports Med**, v. 41, n. 1, p. 17–38, 2011a.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Developing Maximal Neuromuscular Power - Part 2 - Training Considerations for Improving Maximal Power Production. **Sports Med**, v. 41, n. 2, p. 125–146, 2011b.

CRAIG, N. P. *et al.* Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 67, n. 2, p. 150–158, 1993.

CUYPERS, K. *et al.* Is Motor Learning Mediated by tDCS Intensity? **Plos One**, v. 8, n. 6, p. 1–4, 2013.

DA MATA, F. G. *et al.* Neuropsychological assessment of the decision making process in children and adolescents: an integrative review of the literature. **Revista de Psiquiatria Clinica**, v. 38, n. 3, p. 106–115, 2011.

DASILVA, A. F. *et al.* Electrode Positioning and Montage in Transcranial Direct Current Stimulation. **Journal of Visualized Experiments**, v. 51, p. 1–11, 2011.

DEL PERCIO, C. *et al.* Is there a “neural efficiency” in athletes? A high-resolution EEG study. **NeuroImage**, v. 42, p. 1544–1553, 2008.

DEL PERCIO, C. *et al.* Movement-related desynchronization of alpha rhythms is lower in athletes than non-athletes: A high-resolution EEG study. **Clinical Neurophysiology**, v. 121, p. 482–491, 2010.

EDWARDS, D. *et al.* Physiological and modeling evidence for focal transcranial electrical brain stimulation in humans: A basis for high-definition tDCS. **NeuroImage**, v. 74, p. 266–275, 2013.

EDWARDS, D. J. *et al.* Transcranial Direct Current Stimulation and Sports Performance. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 11, n. 243, p. 1–4, 2017.

ELKINS, M. R. *et al.* Growth in the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) and use of the PEDro scale. **British Journal of Sports Medicine**, v. 47, n. 4, p. 188–189, 2013.

ENGEL, F. A.; HOLMBERG, H.-C.; SPERLICH, B. Is There Evidence that Runners can Benefit from Wearing Compression Clothing? **Sports Medicine**, v. 46, n. 12, p. 1939–52, 2016.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS**. Third ed. London: Sage Publications Ltd.,

2009.

FITTS, P.; POSNER, M. **Learning and skilled performance in human performance**. Belmont: CA: Brock-Cole, 1967.

FLEMING, I. *et al.* Isometric contraction induces the Ca²⁺-independent activation of the endothelial nitric oxide synthase. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. **Anais...**1999

FLOOD, A. *et al.* The effects of elevated pain inhibition on endurance exercise performance. **PeerJ**, v. 5, p. 1–18, 2017.

FOSTER, C. *et al.* A New Approach to Monitoring Exercise Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109–115, 2001.

FRAÇZEK, B. *et al.* Prevalence of the Use of Effective Ergogenic Aids Among Professional Athletes. **Rocz Panstw Zakl Hig**, v. 67, n. 3, p. 271–278, 2016.

FRANCHINI, E. *et al.* Physiological Profiles of Elite Judo Athletes. **Sports Medicine**, v. 41, n. 2, p. 147–166, 2011.

FRANCHINI, E. **Preparação física para lutadores - Treinamento neuromuscular**. [s.l.: s.n.].

FRAZER, A. *et al.* Anodal transcranial direct current stimulation of the motor cortex increases cortical voluntary activation and neural plasticity. **Muscle & Nerve**, v. 54, n. 5, p. 903–913, 2016.

FRAZER, A. K. *et al.* Cross-education of muscular strength is facilitated by homeostatic plasticity. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 4, p. 665–677, 2017.

FURUYA, S. *et al.* Ceiling Effects Prevent Further Improvement of Transcranial Stimulation in Skilled Musicians. **The Journal of Neuroscience**, v. 34, n. 41, p. 13834–13839, 2014.

GANDEVIA, S. C. *et al.* Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. **Journal of Physiology**, v. 490, n. 2, p. 529–536, 1996.

GANDEVIA, S. C. Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 4, p. 1725–89, 2001.

GEORGE, M. S.; ASTON-JONES, G. Noninvasive techniques for probing neurocircuitry and treating illness: vagus nerve stimulation (VNS), transcranial magnetic stimulation (TMS) and transcranial direct current stimulation (tDCS). **Neuropsychopharmacology**, v. 35, n. 1, p. 301–316, 2010.

GIBOIN, L. S.; GRUBER, M. Anodal and cathodal transcranial direct current stimulation can decrease force output of knee extensors during an intermittent MVC fatiguing task in young healthy male participants. **Journal of Neuroscience Research**, v. 96, n. 9, p. 1600–1609, 2018.

GIRARD, O.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; BISHOP, D. Repeated-Sprint Ability - Part I: Factors Contributing to Fatigue. **Sports Medicine**, v. 41, n. 8, p. 673–694, 2011.

GRECO, C. C. *et al.* Efeitos do Desempenho Aeróbio na Máxima Fase Estável de Lactato Sanguíneo Determinada em Protocolo Intermitente na Natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, n. 2, p. 130–133, 2010.

HAFF, G. G. *et al.* Force-Time Curve Characteristics of Dynamic and Isometric Muscle Actions of Elite Women Olympic Weightlifters. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 4, p. 741–748, 2005.

HAFF, G. G.; NIMPHIUS, S. Training Principles for Power. **National Strength and Conditioning Association**, v. 34, n. 6, p. 2–12, 2012.

HAUSMANN, M.; KIRK, I. J.; CORBALLIS, M. C. Influence of Task Complexity on Manual Asymmetries. **Cortex**, v. 40, p. 103–110, 2004.

HAZIME, F. A. *et al.* Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) increases isometric strength of shoulder rotators muscles in handball players. **The International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 12, n. 3, p. 402–407, 2017.

HELGERUD, J. *et al.* Aerobic endurance training improves soccer performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 11, p. 1925–1931, 2001.

HENDY, A.; KIDGELL, D. J. Anodal-tDCS applied during unilateral strength training increases strength and corticospinal excitability in the untrained homologous muscle. **Experimental Brain Research**, v. 232, p. 3243–3252, 2014.

HENDY, A. M.; KIDGELL, D. J. Anodal tDCS Applied during Strength Training Enhances Motor Cortical Plasticity. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 45, n. 9, p. 1721–1729, 2013.

HENDY, A. M.; TEO, W.-P.; KIDGELL, D. J. Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Prolongs the Cross-education of Strength and Corticomotor Plasticity. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 9, p. 1788–1797, 2015.

HIGUCHI, T. *et al.* The Acute and Chronic Effects of Isometric Contraction Conditioning on Baseball Bat Velocity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 1, p. 216–222, 2013.

HOPKINS, W. G. **A scale of magnitudes for effect statistics. A new view of statistics.** Disponível em: <<https://sports.org/resource/stats/effectmag.html>>.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Practical Assessment of Body Composition. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 13, n. 5, p. 76–90, 1985.

JAMIL, A. *et al.* Systematic evaluation of the impact of stimulation intensity on neuroplastic after-effects induced by transcranial direct current stimulation. **The Journal of Physiology**, v. 595, n. 4, p. 1273–1288, 2017.

JENKINS, N. D. M. *et al.* Individual Responses for Muscle Activation, Repetitions, and Volume during Three Sets to Failure of High- (80% 1RM) versus Low-Load (30% 1RM) Forearm Flexion Resistance Exercise. **Sports**, v. 3, n. 4, p. 269–280, 2015.

JONES, L. A. The senses of effort and force during fatiguing contractions. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 384, p. 305–313, 1995.

KAN, B.; DUNDAS, J. E.; NOSAKA, K. Effect of transcranial direct current stimulation on elbow flexor maximal voluntary isometric strength and endurance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 38, p. 734–739, 2013.

KARNI, A. *et al.* The acquisition of skilled motor performance: Fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **Anais...**1998

KLEM, G. H. *et al.* The ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Suppl**, v. 52, p. 3–6, 1999.

KOVACS, M. S. Applied physiology of tennis performance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 5, p. 381–386, 2006.

KRISHNAN, C. *et al.* Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Alters Elbow Flexor Muscle Recruitment Strategies. **Brain Stimulation**, v. 7, n. 3, p. 443–450, 2014.

LAGE, G. M. *et al.* Repetition and variation in motor practice: A review of neural correlates. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 57, p. 132–141, 2015.

LAMPROPOULOU, S. I.; NOWICKY, A. V. The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Perception of Effort in an Isolated Isometric Elbow Flexion Task. **Motor Control**, v. 17, n. 4, p. 412–426, 2013.

LATTARI, E. *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**, v. 30, n. 12, p. 3381–3387, 2016.

LATTARI, E. *et al.* Can transcranial direct current stimulation improve muscle power in individuals with advanced resistance training experience? **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2017.

LATTARI, E. *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**, 2018a.

LATTARI, E. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation on time limit and ratings of perceived exertion in physically active women. **Neuroscience Letters**, v. 662, p. 12–16, 2018b.

LAURENT, C. M. *et al.* A Practical Approach to Monitoring Recovery: Development of a Perceived Recovery Status Scale. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 3, p. 620–628, 2011.

LIEBETANZ, D. *et al.* Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation-induced after-effects of human motor cortex excitability. **Brain**, v. 125, p. 2238–2247, 2002.

LIN, J.; CHEN, T. Diversity of Strength Training Methods: A Theoretical Approach. **Strength & Conditioning Journal**, v. 34, n. 2, p. 42–49, 2012.

MACRAE, B. A.; COTTER, J. D.; LAING, R. M. Compression Garments and Exercise - Garment Considerations, Physiology and Performance. **Sports Med**, v. 41, n. 10, p. 815–843, 2011.

MAEDA, K. *et al.* Transcranial direct current stimulation does not affect lower extremity muscle strength training in healthy individuals: A triple-blind, sham-controlled study. **Frontiers in Neuroscience**, v. 11, n. 179, p. 1–7, 2017.

MAFFIULETTI, N. A. *et al.* Rate of force development: physiological and methodological considerations. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 6, p. 1091–1116, 2016.

MAGALHAES SALES, M. *et al.* Transcranial direct current stimulation improves muscle isokinetic performance of young trained individuals. **Medicina Dello Sport**, v. 69, n. 4, p. 163–172, 2016.

MAHER, C. G. *et al.* Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. **Physical Therapy**, v. 83, n. 8, p. 713–721, 2003.

MCGUIGAN, M. R.; WINCHESTER, J. B.; ERICKSON, T. The Importance of Isometric Maximum Strength in College Wrestlers. **Journal of Sports Science and Medicine**, p. 108–113, 2006.

MCMASTER, D. T. *et al.* A Brief Review of Strength and Ballistic Assessment Methodologies in Sport. **Sports Medicine**, v. 44, n. 5, p. 603–623, 2014.

MIZUGUCHI, N.; KATAYAMA, T.; KANOSUE, K. The Effect of Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation on A Throwing Task Depends on Individual Level of Task Performance. **Neuroscience**, v. 10, n. 371, p. 119–125, 2017.

MIZUNO, T.; ARAMAKI, Y. Cathodal transcranial direct current stimulation over the Cz increases joint flexibility. **Neuroscience Research**, v. 114, p. 55–61, 2017.

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **BMJ**, v. 339, p. 332–339, 2009.

MOJA, L. P. *et al.* Assessment of methodological quality of primary studies by systematic reviews: results of the metaquality cross sectional study. **BMJ**, v. 330, n. 1053, p. 1–5, 2005.

MOLIADZE, V.; ANTAL, A.; PAULUS, W. Electrode-distance dependent after-effects of transcranial direct and random noise stimulation with extracephalic reference electrodes. **Clinical Neurophysiology**, v. 121, n. 12, p. 2165–2171, 2010.

MONTE-SILVA, K. *et al.* Induction of Late LTP-Like Plasticity in the Human Motor Cortex by Repeated Non-Invasive Brain Stimulation. **Brain Stimulation**, v. 6, n. 3, p. 424–432, 2013.

MONTENEGRO, R. *et al.* Motor cortex tDCS does not improve strength performance in healthy subjects. **Motriz**, v. 21, n. 2, p. 185–193, 2015.

MONTENEGRO, R. A. *et al.* Transcranial direct current stimulation influences the cardiac autonomic nervous control. **Neuroscience Letters**, v. 497, n. 1, p. 32–36, 2011.

MONTENEGRO, R. A. *et al.* Motor cortex tDCS does not modulate perceived exertion within multiple-sets of resistance exercises. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 24, n. 1, p. 17–24, 2016.

MUTHALIB, M. *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.

NAITO, E.; HIROSE, S. Efficient foot motor control by Neymar's brain. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 8, n. 594, p. 1–7, 2014.

NITSCHKE, M. A. *et al.* Shaping the Effects of Transcranial Direct Current Stimulation of the Human Motor Cortex. **Journal of Neurophysiology**, v. 97, p. 3109–3117, 2007.

NITSCHKE, M. A. *et al.* Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. **Brain Stimulation**, v. 1, n. 3, p. 206–223, 2008.

NITSCHKE, M. A.; PAULUS, W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. **Journal of Physiology**, v. 527, n. 3, p. 633–639, 2000.

NITSCHKE, M. A.; PAULUS, W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. **Neurology**, v. 57, p. 1889–1901, 2001.

NOAKES, T. D. Fatigue is a brain-derived emotion that regulates the exercise behavior to ensure the protection of whole body homeostasis. **Frontiers in Physiology**, v. 3, n. 82, p. 1–13, 2012.

O'CONNELL, N. E. *et al.* Rethinking Clinical Trials of Transcranial Direct Current Stimulation: Participant and Assessor Blinding Is Inadequate at Intensities of 2mA. **PLoS ONE**, v. 7, n. 10, p. 1–5, 2012.

OKANO, A. H. *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, 2015.

OKANO, A. H. *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. 7, p. 493–500, 2017.

OLIVO, S. A. *et al.* Scales to Assess the Quality of Randomized Controlled Trials: A Systematic Review. **Physical Therapy**, v. 88, p. 156–175, 2008.

OMRANI, M. *et al.* Perspectives on classical controversies about the motor cortex. **Journal of Neurophysiology**, v. 118, p. 1828–1848, 2017.

PESCATELLO, L. S. *et al.* (EDS.). **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 9th. ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2014.

PESSOA, L. *et al.* Neural processing of emotional faces requires attention. Proceedings of the National Academy of Sciences. **Anais...2002**

PUTTEMANS, V.; WENDEROTH, N.; SWINNEN, S. P. Changes in Brain Activation during the Acquisition of a Multifrequency Bimanual Coordination Task: From the Cognitive Stage to Advanced Levels of Automaticity. **The Journal of Neuroscience**, v. 25, n. 17, p. 4270–4278, 2005.

RADEL, R. *et al.* Extending the limits of force endurance: Stimulation of the motor or the frontal cortex? **Cortex**, v. 97, p. 96–108, 2017.

REARDON, S. Performance boost paves way for “brain doping”. **Nature**, v. 531, p. 283–284, 2016.

REIS, J.; FRITSCH, B. Modulation of motor performance and motor learning by transcranial direct current stimulation. **Current Opinion in Neurology**, v. 24, p. 590–596, 2011.

SANT'ANA, J. *et al.* Validity of a taekwondo specific test to measure VO₂peak and the heart rate deflection point. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. Publish Ah, 2017.

SANTOS, V. G. F.; FRANCHINI, E.; LIMA-SILVA, A. E. Relationship Between Attack and

Skipping in Taekwondo Contests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 6, p. 1743–1751, 2011.

SASADA, S. *et al.* Polarity-dependent improvement of maximal-effort sprint cycling performance by direct current stimulation of the central nervous system. **Neuroscience Letters**, v. 657, p. 97–101, 2017.

SIRI, W. Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In: **Techniques for measuring body composition**. Washington, D.C: National Academy of Sciences, 1961. p. 223–244.

STAGG, C. J.; NITSCHKE, M. A. Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation. **The Neuroscientist**, v. 17, n. 1, p. 37–53, 2011.

STOLEN, T. *et al.* Physiology of Soccer. **Sports Medicine**, v. 35, n. 6, p. 501–536, 2005.

STONE, M. H. *et al.* Maximum Strength-Power-Performance Relationships in Collegiate Throwers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 4, p. 739–745, 2003.

STONE, M. H. *et al.* The Importance of Isometric Maximum Strength and Peak Rate-of-Force Development in Sprint Cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 878–884, 2004.

STONE, N. M.; KILDING, A. E. Aerobic Conditioning for Team Sport Athletes. **Sports Med**, v. 39, n. 8, p. 615–642, 2009.

SUCHOMEL, T. J.; NIMPHIUS, S.; STONE, M. H. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. **Sports Medicine**, v. 46, p. 1419–1449, 2016.

SUZUKI, K.; SUZUKI, T.; ONO, Y. **Effect of middle-temporal tDCS stimulation on dance-game exercise performance**. Transactions of Japanese Society for Medical and Biological Engineering. **Anais...**2017

TANAKA, S. *et al.* Enhancement of pinch force in the lower leg by anodal transcranial direct current stimulation. **Experimental Brain Research**, v. 196, n. 3, p. 459–465, 2009.

TAYLOR, J. L.; GANDEVIA, S. C. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, p. 542–550, 2008.

TIAN, L. *et al.* Effects of aerobic exercise on cancer-related fatigue: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Support Care Cancer**, v. 24, n. 2, p. 969–983, 2016.

VARGAS, V. Z. *et al.* Modulation of isometric quadriceps strength in soccer players with transcranial direct current stimulation: a crossover study. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 35, n. 5, p. 1336–1341, 2018.

VITOR-COSTA, M. *et al.* Improving Cycling Performance: Transcranial Direct Current Stimulation Increases Time to Exhaustion in Cycling. **Plos One**, v. 10, n. 12, p. 1–15, 2015.

WEGMANN, M. *et al.* Pre-Cooling and Sports Performance - A Meta-Analytical Review. **Sports Med**, v. 42, n. 7, p. 545–564, 2012.

WHITEHEAD, L.; BANIHANI, S. The evolution of contralateral control of the body by the brain: Is it a protective mechanism? **Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition**, v. 19, n. 3, p. 325–339, 2014.

WILLIAMS, P. S.; HOFFMAN, R. L.; CLARK, B. C. Preliminary Evidence That Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Enhances Time to Task Failure of a Sustained Submaximal Contraction. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, p. 1–11, 2013.

WINWOOD, P. W.; KEOGH, J. W. L.; HARRIS, N. K. The Strength and Conditioning Practices of Strongman Competitors. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 11, p. 3118–3128, 2011.

WISLØFF, U. *et al.* Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 3, p. 285–288, 2004.

WORLD TAEKWONDO FEDERATION. **World Taekwondo Federation - Competition Rules & Interpretation**. Disponível em: <<http://www.worldtaekwondofederation.net/wp-content/uploads/2017/01/WTF-Competition-Rules-Interpretation-Nov-15-2016-Burnaby-Canada.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2017.

XIVRY, J.-J. O. DE; SHADMEHR, R. Electrifying the motor engram: effects of tDCS on motor learning and control. **Experimental Brain Research**, v. 232, n. 11, p. 3379–3395, 2014.

YAVARI, F. *et al.* Basic and functional effects of transcranial Electrical Stimulation (tES) — An introduction. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 85, p. 81–92, 2018.

APÊNDICE I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (Terminologia obrigatória em atendimento a resolução 466/12 - CNS-MS)

Você está sendo convidado a participar do estudo “Análise de diferentes variáveis e métodos que podem interferir no desempenho do *Frequency Speed of Kick Test* (FSKT)”. O presente estudo tem como objetivo identificar variáveis e métodos que podem interferir no desempenho do FSKT, um teste específico do Taekwondo. O estudo ampliará o conhecimento sobre o FSKT, possibilitando a sua utilização para auxiliar atletas e treinadores no processo de treinamento e no aprimoramento do rendimento de atletas. Além disso, você será pessoalmente beneficiado, pois terá acesso a testes físicos gratuitos e cujos resultados podem ser usados para a programação de treinamentos direcionados para melhoria do seu rendimento.

Durante o estudo, você deverá comparecer ao Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EFFTO) 6 vezes, com intervalo de 48-76 horas. Na primeira visita, você deverá preencher um formulário com questões sobre a sua rotina de treinamento e o seu nível competitivo. Serão coletados dados da estatura, massa corporal e dobras cutâneas. Além disso, para familiarizar-se com os procedimentos, você deverá executar o FSKT única série duas vezes com intervalo de 30 minutos. A segunda e terceira visitas consistirão na execução do FSKT 7 minutos, 30 minutos e 60 minutos após um método de estimulação cerebral. O FSKT consiste em 5 séries de execução do maior número possível de chutes *bandal tchagui* alternando as pernas direita e esquerda, por 10 segundos, com 10 segundos de intervalo entre séries. A estimulação cerebral é um método seguro que consiste na aplicação de uma fraca corrente elétrica através de eletrodos posicionados na sua cabeça por 20 minutos. Antes da execução do FSKT na segunda e terceira visitas, serão posicionados 24 marcadores reflexivos em diferentes partes do seu corpo e então realizada a filmagem do teste através de um sistema de filmagem composto por 10 câmeras. Na quarta visita, será realizada familiarização com os procedimentos das visitas subsequentes. Você deverá executar contrações voluntárias isométricas máximas (CVIMs) na posição de semiagachamento, por aproximadamente 8 segundos, com um cinto de fixação preso à sua cintura, com intervalo de 5 minutos entre tentativas. O primeiro semiagachamento será realizado sem vibração, enquanto os semiagachamentos seguintes serão executados com aplicação de vibração. Na quinta visita, você deverá executar o FSKT 5 minutos após executar 5 séries de contrações isométricas máximas na posição de semiagachamento com um cinto de fixo em sua cintura. Será respeitado um intervalo de 3 minutos entre séries. Na sexta visita você deverá executar os mesmos procedimentos da quinta visita, porém com aplicação de vibração de corpo inteiro através de uma plataforma vibratória.

Ao participar deste estudo, você estará sujeito a alguns riscos comumente associados ao exercício físico. Você poderá sentir desconforto cardiorrespiratório e/ou muscular e incômodos devido à realização dos testes e exercícios. Durante a estimulação cerebral, poderá sentir coceira e ter a sensação de formigamento debaixo dos eletrodos.

Rubrica do voluntário: _____

Rubrica do pesquisador: _____

Para minimizar os riscos, o pesquisador estará presente durante todos os procedimentos para orientá-lo e supervisioná-lo. O posto de enfermagem da EEFTO também será notificado dos dias e horários dos procedimentos para auxiliar no atendimento caso seja necessário. Se necessário, o pesquisador acionará imediatamente o serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU).

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, você tem assegurado o direito à indenização. A sua participação é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido (a) pelo pesquisador, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados obtidos pela pesquisa, estarão à sua disposição quando finalizada.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no BIOLAB, e a outra será fornecida a você. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos no Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; 441/11 e a Portaria 2.201 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa “**Análise de diferentes variáveis e métodos que podem interferir no desempenho do *Frequency Speed of Kick Test (FSKT)***”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

Nome completo do voluntário

Data

Assinatura do voluntário

Rubrica do voluntário: _____

Rubrica do pesquisador: _____

Nome completo do Pesquisador Responsável: Maicon Rodrigues Albuquerque
Endereço: Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 Campus - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901
Telefones: (31) 9 8659-4846 E-mail: lin.maicon@gmail.com

Assinatura do pesquisador responsável

Data

Nome completo do Pesquisador: Paulo Henrique Caldeira Mesquita
Endereço: Rua Érico de Moura, 75 – apto 201 – Ouro Preto – Belo Horizonte – MG – CEP 31320-030
Telefone: (37) 99856-6724 E-mail: pmesquita@live.com

Assinatura do pesquisador (mestrando)

Data

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005.
Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901.
E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: 34094592.

Rubrica do voluntário: _____

Rubrica do pesquisador: _____

APÊNDICE II

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - RESPONSÁVEIS (Terminologia obrigatória em atendimento a resolução 466/12 - CNS-MS)

O menor sob sua responsabilidade está sendo convidado a participar do estudo “Análise de diferentes variáveis e métodos que podem interferir no desempenho do *Frequency Speed of Kick Test* (FSKT)”. O presente estudo tem como objetivo identificar variáveis e métodos que podem interferir no desempenho do FSKT, um teste específico do Taekwondo. O estudo ampliará o conhecimento sobre o FSKT, possibilitando a sua utilização para auxiliar atletas e treinadores no processo de treinamento e no aprimoramento do rendimento de atletas. Além disso, o seu filho/sua filha/menor sob sua responsabilidade será pessoalmente beneficiado, pois terá acesso a testes físicos gratuitos e cujos resultados podem ser usados para a programação de treinamentos direcionados para melhoria do rendimento.

Durante o estudo, o seu filho/sua filha/menor sob sua responsabilidade deverá comparecer ao Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EFFTO) 6 vezes, com intervalo de 48-76 horas. Na primeira visita, ele (a) deverá preencher um formulário com questões sobre a sua rotina de treinamento e o seu nível competitivo. Serão coletados dados da estatura, massa corporal e dobras cutâneas. Além disso, para familiarizar-se com os procedimentos, ele (a) deverá executar o FSKT única série duas vezes com intervalo de 30 minutos. A segunda e terceira visitas consistirão na execução do FSKT 7 minutos, 30 minutos e 60 minutos após um método de estimulação cerebral. O FSKT consiste em 5 séries de execução do maior número possível de chutes *bandal tchagui* alternando as pernas direita e esquerda, por 10 segundos, com 10 segundos de intervalo entre séries. A estimulação cerebral é um método seguro que consiste na aplicação de uma fraca corrente elétrica através de eletrodos posicionados na cabeça por 20 minutos. Antes da execução do FSKT na segunda e terceira visitas, serão posicionados 24 marcadores reflexivos em diferentes partes do corpo e então realizada a filmagem do teste através de um sistema de filmagem composto por 10 câmeras. Na quarta visita, será realizada familiarização com os procedimentos das visitas subsequentes. O seu filho/sua filha/menor sob sua responsabilidade deverá executar contrações voluntárias isométricas máximas (CVIMs) na posição de semiagachamento, por aproximadamente 8 segundos, com um cinto de fixação preso à sua cintura, com intervalo de 5 minutos entre tentativas. O primeiro semiagachamento será realizado sem vibração, enquanto os semiagachamentos seguintes serão executados com aplicação de vibração. Na quinta visita, ele (a) deverá executar o FSKT 5 minutos após executar 5 séries de contrações isométricas máximas na posição de semiagachamento com um cinto de fixação posicionado em sua cintura. Será respeitado um intervalo de 3 minutos entre séries. Na sexta visita o seu filho/sua filha/menor sob sua responsabilidade deverá executar os mesmos procedimentos da quinta visita, porém com aplicação de vibração de corpo inteiro através de uma plataforma vibratória.

Ao participar deste estudo, o seu filho/sua filha/menor sob sua responsabilidade estará sujeito a alguns riscos comumente associados ao exercício físico. Ele (a) poderá sentir desconforto cardiorrespiratório e/ou muscular e incômodos devido à realização dos testes e exercícios. Durante a estimulação cerebral, poderá sentir coceira e ter a sensação de formigamento debaixo dos eletrodos.

Rubrica do responsável: _____
Rubrica do pesquisador: _____

Para participar deste estudo o seu filho/sua filha/menor sob sua responsabilidade não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, o seu filho/sua filha/menor sob sua responsabilidade tem assegurado o direito à indenização. Você terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. A participação é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você ou o menor é atendido (a) pelo pesquisador, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados obtidos pela pesquisa, estarão à sua disposição quando finalizada. O nome ou o material que indique a participação do seu filho/sua filha/menor sob sua responsabilidade não será liberado sem a sua permissão.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no Laboratório de Biomecânica, e a outra será fornecida a você. Os dados, materiais e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos no Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; 441/11 e a Portaria 2.201 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu _____, portador do RG _____, concordo de livre e espontânea vontade que o menor _____, nascido (a) em ____ / ____ /____, seja voluntário do estudo “**Análise de diferentes variáveis e métodos que podem interferir no desempenho do *Frequency Speed of Kick Test (FSKT)***”. Declaro que obtive todas as informações necessárias e que todas as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Nome completo do responsável ou representante legal

Data

Assinatura do responsável ou representante legal

Rubrica do responsável: _____

Rubrica do pesquisador: _____

Nome completo do Pesquisador Responsável: Maicon Rodrigues Albuquerque
 Endereço: Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 Campus - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901
 Telefones: (31) 9 8659-4846 E-mail: lin.maicon@gmail.com

Assinatura do pesquisador responsável

Data

Nome completo do Pesquisador: Paulo Henrique Caldeira Mesquita
 Endereço: Rua Érico de Moura, 75 – apto 201 – Ouro Preto – Belo Horizonte – MG – CEP 31320-030
 Telefone: (37) 99856-6724 E-mail: pmesquita@live.com

Assinatura do pesquisador (mestrando)

Data

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005.
 Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901.
 E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: 34094592.

Rubrica do responsável: _____

Rubrica do pesquisador: _____

APÊNDICE III

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Anuência do participante da pesquisa, criança, adolescente ou legalmente incapaz)

Você está sendo convidado a participar do estudo “Análise de diferentes variáveis e métodos que podem interferir no desempenho do *Frequency Speed of Kick Test* (FSKT)”. O presente estudo tem como objetivo identificar variáveis e métodos que podem interferir no desempenho do FSKT, um teste específico do Taekwondo. O estudo ampliará o conhecimento sobre o FSKT, possibilitando a sua utilização para auxiliar atletas e treinadores no processo de treinamento e no aprimoramento do rendimento de atletas. Além disso, você será pessoalmente beneficiado, pois terá acesso a testes físicos gratuitos e cujos resultados podem ser usados para a programação de treinamentos direcionados para melhoria do seu rendimento.

Durante o estudo, você deverá comparecer ao Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFTO) 6 vezes, com intervalo de 48-76 horas. Na primeira visita, você deverá preencher um formulário com questões sobre a sua rotina de treinamento e o seu nível competitivo. Serão coletados dados da estatura, massa corporal e dobras cutâneas. Além disso, para familiarizar-se com os procedimentos, você deverá executar o FSKT única série duas vezes com intervalo de 30 minutos. A segunda e terceira visitas consistirão na execução do FSKT 7 minutos, 30 minutos e 60 minutos após um método de estimulação cerebral. O FSKT consiste em 5 séries de execução do maior número possível de chutes *bandal tchagui* alternando as pernas direita e esquerda, por 10 segundos, com 10 segundos de intervalo entre séries. A estimulação cerebral é um método seguro que consiste na aplicação de uma fraca corrente elétrica através de eletrodos posicionados na sua cabeça por 20 minutos. Antes da execução do FSKT na segunda e terceira visitas, serão posicionados 24 marcadores reflexivos em diferentes partes do seu corpo e então realizada a filmagem do teste através de um sistema de filmagem composto por 10 câmeras. Na quarta visita, será realizada familiarização com os procedimentos das visitas subsequentes. Você deverá executar contrações voluntárias isométricas máximas (CVIMs) na posição de semiagachamento, por aproximadamente 8 segundos, com um cinto de fixação preso à sua cintura, com intervalo de 5 minutos entre tentativas. O primeiro semiagachamento será realizado sem vibração, enquanto os semiagachamentos seguintes serão executados com aplicação de vibração. Na quinta visita, você deverá executar o FSKT 5 minutos após executar 5 séries de contrações isométricas máximas na posição de semiagachamento com um cinto de fixo em sua cintura. Será respeitado um intervalo de 3 minutos entre séries. Na sexta visita você deverá executar os mesmos procedimentos da quinta visita, porém com aplicação de vibração de corpo inteiro através de uma plataforma vibratória.

Ao participar deste estudo, você estará sujeito a alguns riscos comumente associados ao exercício físico. Você poderá sentir desconforto cardiorrespiratório e/ou muscular e incômodos devido à realização dos testes e exercícios. Durante a estimulação cerebral, poderá sentir coceira e ter a sensação de formigamento debaixo dos eletrodos. Para minimizar os riscos, o pesquisador estará presente durante todos os procedimentos para orientá-lo e supervisioná-lo. O posto de enfermagem da EEFTO também será notificado dos dias e horários dos procedimentos para auxiliar no atendimento caso seja necessário. Se necessário, o pesquisador acionará imediatamente o serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU).

Rubrica do voluntário: _____

Rubrica do pesquisador: _____

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, você tem assegurado o direito à indenização. A sua participação é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido (a) pelo pesquisador, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados obtidos pela pesquisa, estarão à sua disposição quando finalizada.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no BIOLAB, e a outra será fornecida a você. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos no Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; 441/11 e a Portaria 2.201 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa “**Análise de diferentes variáveis e métodos que podem interferir no desempenho do *Frequency Speed of Kick Test (FSKT)***”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

Nome completo do participante

Data

Assinatura do participante

Rubrica do voluntário: _____

Rubrica do pesquisador: _____

Nome completo do Pesquisador Responsável: Maicon Rodrigues Albuquerque
 Endereço: Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 Campus - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901
 Telefones: (31) 9 8659-4846 E-mail: lin.maicon@gmail.com

Assinatura do pesquisador responsável

Data

Nome completo do Pesquisador: Paulo Henrique Caldeira Mesquita
 Endereço: Rua Érico de Moura, 75 – apto 201 – Ouro Preto – Belo Horizonte – MG – CEP 31320-030
 Telefone: (37) 99856-6724 E-mail: pmesquita@live.com

Assinatura do pesquisador (mestrando)

Data

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG
 Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005.
 Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901.
 E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: 34094592.

Rubrica do voluntário: _____

Rubrica do pesquisador: _____

APÊNDICE IV

QUESTIONÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DO ATLETA

Nome: _____

Data de nascimento: _____

Há quanto tempo você treina Taekwondo? _____

Você treina Taekwondo quantas vezes por semana? _____

Qual a duração dos seus treinos? _____

Realiza treinamentos de força/musculação? Sim Não

Quantas vezes por semana? _____

Qual a duração? _____

Sobre as suas participações em competições:

Competição regional:

Participou? Sim Não Obteve medalha? Sim Não

Competição estadual:

Participou? Sim Não Obteve medalha? Sim Não

Competição nacional:

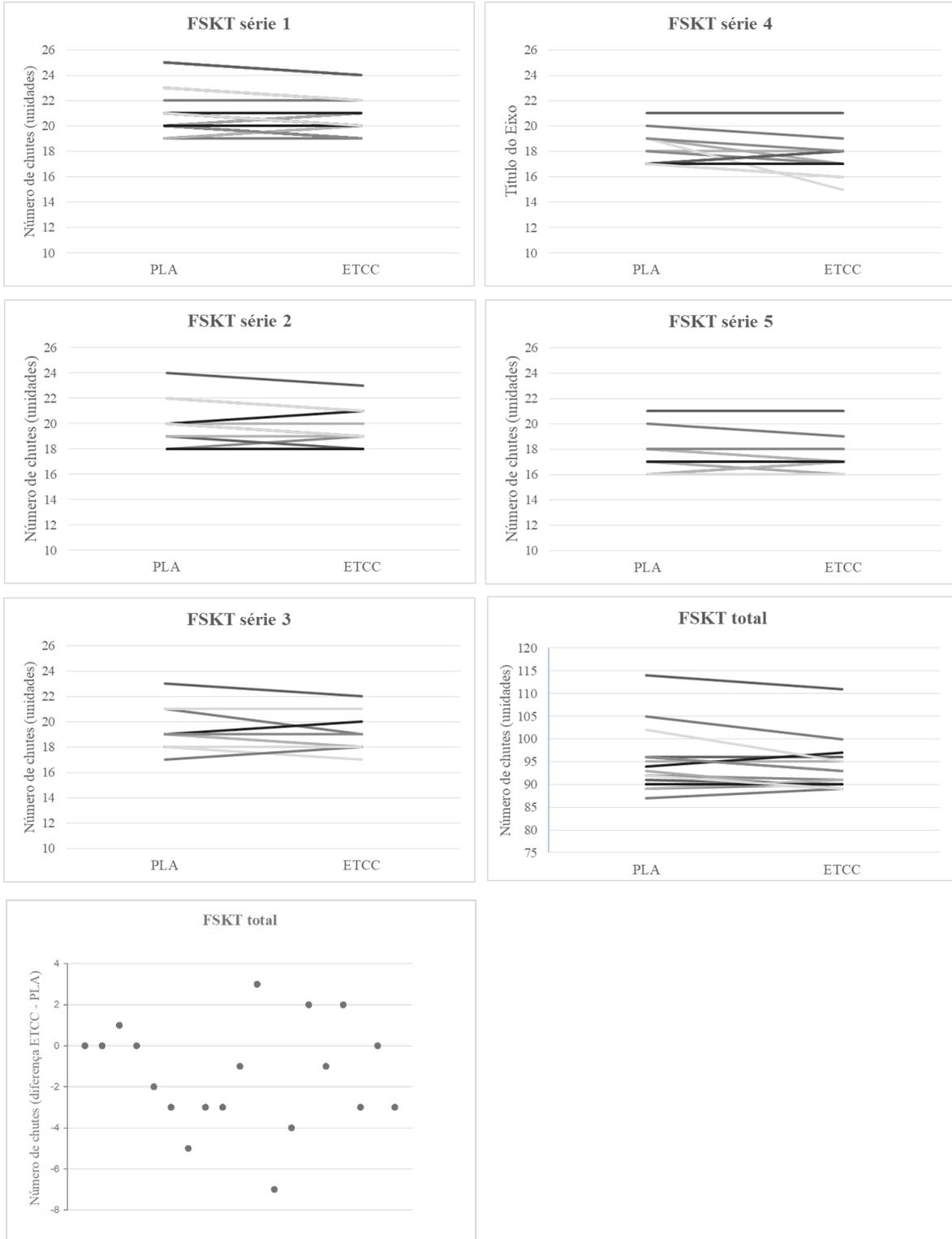
Participou? Sim Não Obteve medalha? Sim Não

Competição internacional:

Participou? Sim Não Obteve medalha? Sim Não

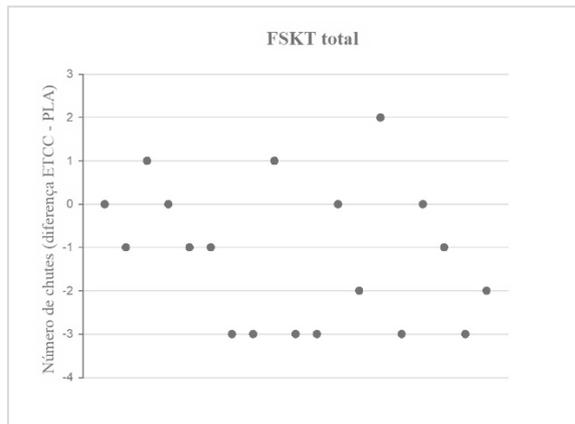
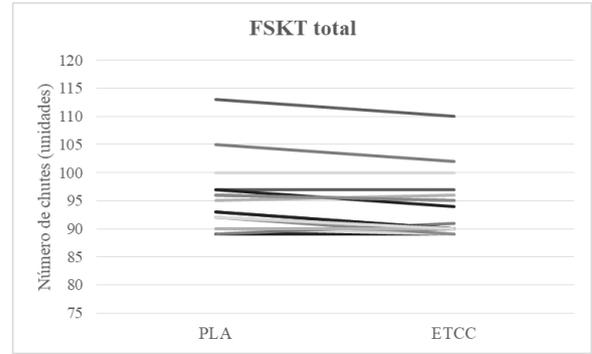
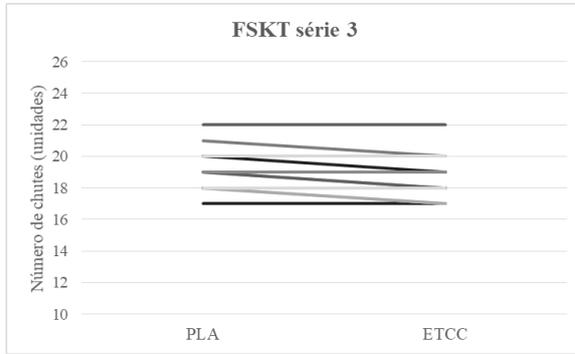
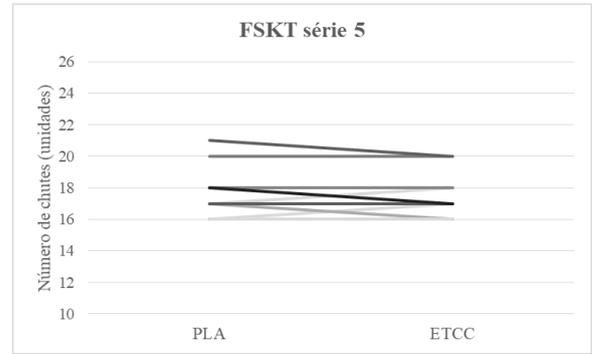
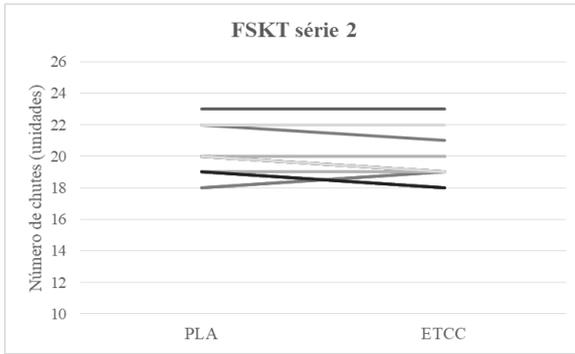
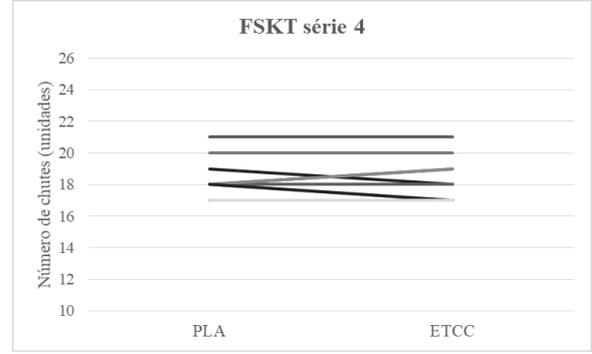
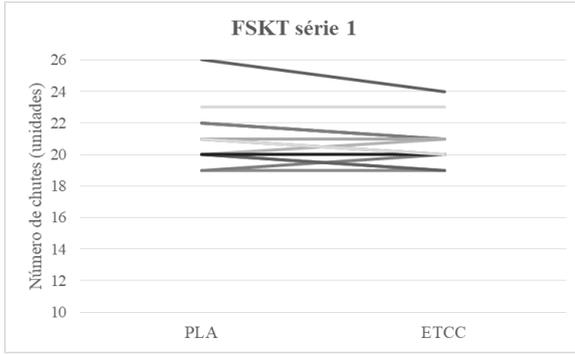
APÊNDICE V

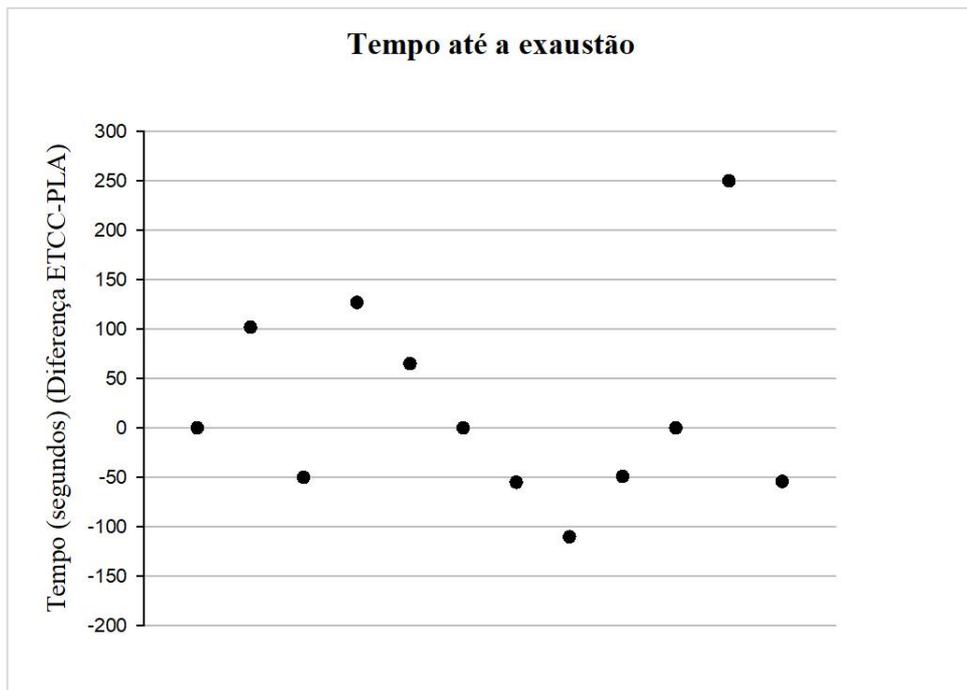
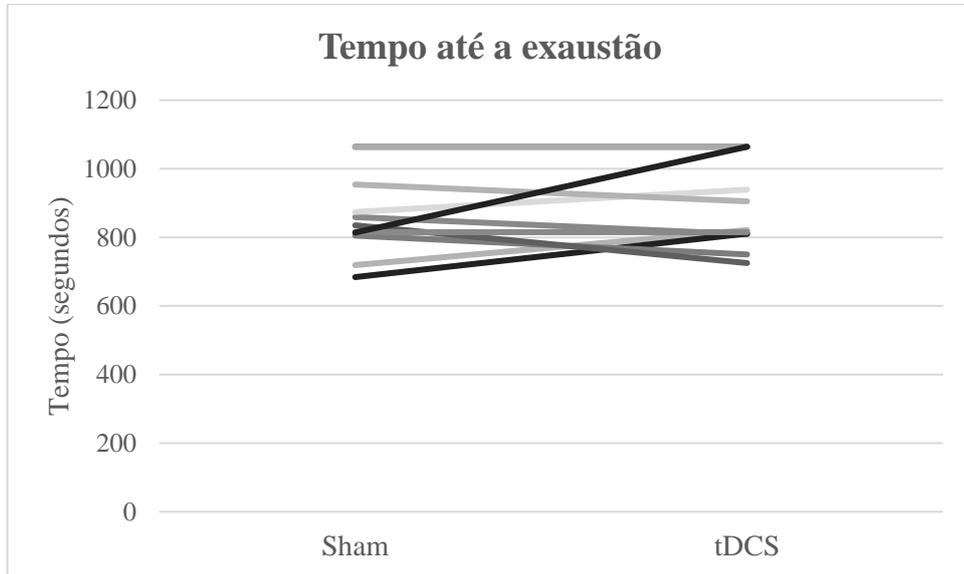
Valores individuais do FSKT_{mult} no momento 1



APÊNDICE VI

Valores individuais do FSKT_{mult} no momento 2



APÊNDICE VII**Valores individuais do tempo até a exaustão no TET**

ANEXO I

PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE 79302817.0.0000.5149

**Interessado(a): Prof. Maicon Albuquerque
Depto. Esportes
EEFFTO - UFMG**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 22 de novembro de 2017, o projeto de pesquisa intitulado “**Análise de diferentes variáveis e métodos que podem interferir no desempenho no teste de frequência de chute**” bem como:

- Termo de Assentimento Livre e Esclarecido;
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.

Profa. Dra. Vivian Resende
Coordenadora do COEP-UFMG

ANEXO II

PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE RECUPERAÇÃO

Classificação	Descritores
10	Muito bem recuperado / Altamente disposto
9	
8	Bem recuperado / Um pouco disposto
7	
6	Moderadamente recuperado
5	Adequadamente recuperado
4	Um pouco recuperado
3	
2	Não muito bem recuperado / Um pouco cansado
1	
0	Muito mal recuperado / Extremamente cansado

ANEXO III

PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO – BORG CR10

Classificação	Descritor
0	Nada
0,5	Muito, muito fraco
1	Muito fraco
2	Fraco
3	Moderado
4	Um pouco forte
5	Forte
6	
7	Muito forte
8	
9	
10	Muito, muito forte
•	Máximo

ANEXO IV

PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DA SESSÃO

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