UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

RODRIGO CUNHA DE MELLO PEDREIRO

EFEITOS AGUDOS DA APLICAÇÃO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO DESEMPENHO NEUROMUSCULAR DE ATLETAS DE LUTAS:

Jiu-Jítsu e Boxe

TESE DE DOUTORADO

DOUTORADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU

São José dos Campos, abril/2022

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

RODRIGO CUNHA DE MELLO PEDREIRO

EFEITOS AGUDOS DA APLICAÇÃO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO DESEMPENHO NEUROMUSCULAR DE ATLETAS DE LUTAS:

Jiu-Jítsu e Boxe

TESE DE DOUTORADO

Tese defendida no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Anhembi Morumbi como complementação dos créditos necessários para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Pinto Neto

São José dos Campos, abril/2022

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

RODRIGO CUNHA DE MELLO PEDREIRO

EFEITOS AGUDOS DA APLICAÇÃO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO DESEMPENHO NEUROMUSCULAR DE ATLETAS DE LUTAS:
Jiu-Jítsu e Boxe

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Biomédica – Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Osmar Pinto Neto
Orientador de Doutorado em Engenharia Biomédica
Universidade Anhembi Morumbi

Prof.ª Dr.ª Lívia Helena Moreira da Silva Mélo
Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Rodrigo Alexis Lazo Osório
Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Carlos Eduardo Brasil Neves
Universidade Estácio de Sá

Prof.ª Dr.ª Rachel Guimarães
Universidade Estadual de Campinas

São José dos Campos, abril/2022

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

Rodrigo Cunha de Mello Pedreiro

Graduado em Educação Física (Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade Estácio de Sá (2012 e 2014). Especialista em Ciências da Performance Humana pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2014). Mestre em Ciências da Atividade Física pela Universidade Salgado de Oliveira (2016).

Membro da Sociedade Brasileira de Fisiologia, do *American College of Sport Medicine* e da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca UAM
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P399e Pedreiro, Rodrigo
Efeitos agudos da aplicação da estimulação transcraniana por corrente contínua no desempenho de atletas de lutas: jiu-jítsu e boxe / Rodrigo Pedreiro. - 2022.
77f. : il.; 30cm.

Orientador: Osmar Pinto Neto.
Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Universidade Anhembi Morumbi, São José dos Campos, 2022.
Bibliografia: f.61-77

1. Neuromodulação. 2. Cérebro. 3. Resistência muscular. 4. Estimulação cerebral não invasiva. 5. Recursos ergogênicos.

CDD 610.28

Aline Ferreira de Oliveira - CRB 8/9601

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

Primeiramente a Deus, pois minha fé n’Ele é o que me sustenta;

Minha filha Luísa Bueno de Mello, que me inspira a ser um homem melhor e a contribuir para sociedade em que ela vai viver;

Aos meus familiares, em especial, a minha Mãe, Sueli Cunha Thomé (exemplo máximo de ser humano), meu Pai, Joelson de Mello Pedreiro (meu grande amigo) e meu Avô Joel Dias Pedreiro que tinha o sonho de ter um neto Doutor (me motivando sempre).

Aos meus amigos que sempre me apoiaram e acreditaram em mim;

Ao meu orientador de doutorado e amigo, Prof. Dr. Osmar Pinto Neto, exemplo de pessoa e de pesquisador;

Aos meus Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Anhembi Morumbi por todos os ensinamentos;

Aos meus colegas da *Arena 235 Research Lab* por toda troca de conhecimento;

A Universidade Anhembi Morumbi pela concessão da bolsa de estudo concedida durante o doutorado, pela estrutura e confiança em mim depositada.

“Dedicado à minha Mãe, Sueli Cunha Thomé (in memoriam),

uma grande mulher, que sempre me incentivou a buscar o conhecimento.”

“Se minha mente pode conceber e o meu coração pode acreditar, então eu posso alcançar.”

Muhammad Ali

RESUMO

A neuromodulação é uma técnica utilizada para tratamento e melhoria de diversas patologias, sendo aplicada mais recentemente também para melhora do desempenho físico de atletas. O objetivo geral do estudo foi avaliar as respostas agudas após a aplicação da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) anódica sob o córtex pré forntal dorsolateral (CPFDL) esquerdo no desempenho neuromuscular (força e resistência) e a PSE durante testes específicos para duas amostras de atletas diferentes, de BJJ e de Boxe. A amostra de atletas de BJJ foi composta por 10 sujeitos, e a de Boxe por 6 sujeitos, ambos do sexo masculino com idades entre 18 e 35 anos. Foram realizados testes de preensão manual para os atletas de BJJ para avaliar a força máxima (MVC) e a resistência (*task failure*). E realizado a captação da força média dos golpes ao decorrer dos *rounds* através de um acelerômetro, assim como a coleta de volume de golpes para atletas de Boxe. Nas amostras de BJJ e Boxe a PSE foi coletada durante os protocolos e a estimulação foi efetuada em duas condições, *sham* (placebo) e anódica (2mA por 20min.), todos os participantes de cada amostragem passaram pelas duas condições (*sham* e anódica) com intervalos mínimos de 48h entre cada dia de coleta. Uma estatística paramétrica foi utilizada para os dados de BJJ (Teste *t Student*) e uma não paramétrica foi utilizada para analisar as diferenças nos atletas de Boxe (Kruskal-Wallis). Os resultados nos atletas de BJJ demonstraram que a condição a-ETCC foi eficaz em aumentar a tolerância ao exercício isométrico de força no *task failure* a 60% em uma média de 16s ($p<0,0001$), porém nenhuma alteração foi observada nos testes de MVC e na PSE. Os resultados nos atletas de Boxe demonstraram que a a-ETCC não foi capaz de alterar as variáveis de força média, volume de golpes ou PSE nas condições realizadas dos protocolos. Pode-se concluir que a ETCC parece ter algum efeito ergogênico para resistência de preensão manual em atletas de BJJ quando aplicado sob o CPFDL, e que nas condições utilizadas nesse presente estudo, a ETCC não promoveu nenhuma alteração nos atletas de Boxe.

Palavras-chave: Neuromodulação, cérebro, resistência muscular, estimulação cerebral não invasiva, recursos ergogênicos.

ACUTE EFFECTS OF THE APPLICATION OF TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION IN THE NEUROMUSCULAR PERFORMANCE OF ATHLETES IN FIGHT. Jiu-Jitsu and Boxing

ABSTRACT

Neuromodulation is a technique used for the treatment and improvement of several pathologies, being applied more recently to improve the physical performance of athletes. The general objective of the study was to evaluate the acute responses after the application of anodic tDCS under the CPFDL on neuromuscular performance (strength and endurance) and RPE during specific tests for two samples of different athletes, BJJ and Boxing. The sample of BJJ athletes consisted of 10 subjects, and the Boxing sample of 6 subjects, both males aged between 18 and 35 years. Handgrip tests were performed for BJJ athletes to assess maximum strength (MVC) and endurance (task failure). The capture of the average force of the blows during the rounds is carried out through an accelerometer, as well as the collection of the volume of blows for Boxing athletes. In the BJJ and Boxing samples, PSE was collected during the protocols and the stimulation was performed in two conditions, sham (placebo) and anodic (2mA for 20min.), all participants of each sample went through both conditions (sham and anodic) with minimum intervals of 48 hours between each collection day. A parametric statistic was used for the BJJ data (Student t test) and a non-parametric statistic was used to Boxing athletes (Kruskal-Wallis). The results in BJJ athletes showed that the a-tDCS condition was effective in increasing the tolerance to isometric strength exercise in task failure to 60% in an average of 16s ($p<0.0001$), however no change was observed in the tests of MVC and in PSE. The results in Boxing athletes showed that a-tDCS was not able to change the variables of average strength, stroke volume or RPE under the conditions performed in the protocols. It can be concluded that tDCS seems to have some ergogenic effect for handgrip resistance in BJJ athletes when applied under CPFDL, and that under the conditions used in this present study, tDCS did not promote any change in Boxing athletes.

Keywords: Neuromodulation, brain, muscle endurance, non-invasive brain stimulation, ergogenic aids.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....18
2- REVISÃO DA LITERATURA.....20
2.1 – História e evolução da estimulação elétrica cerebral.....20
2.2 – Princípios da estimulação elétrica nas células neurais (Neurofisiologia).....23
2.3 – ETCC, métodos e aplicações.....25
2.4 – Mecanismos de ação da ETCC.....28
2.5 – ETCC e áreas corticais (CPFDL e CM).....30
2.6 – ETCC como efeito ergogênico no desempenho físico de atletas.....31
2.7- Lutas, artes marciais e esportes de combate.....33
2.8 – *Brazilian* Jiu-jítsu (BJJ).....34
2.9- Boxe.....34
3- OBJETIVOS.....38
3.1.1- Objetivo geral.....38
3.1.2- Objetivos específicos.....38
4- HIPÓTESES.....39
5- JUSTIFICATIVA.....40
6- MATERIAIS E MÉTODOS.....42
6.1.1- Aspectos éticos.....42
6.1.2- Amostra e antropometria.....42
6.1.3- Aplicação da ETCC.....42
6.1.7- Escala de Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) utilizada nos protocolos colm atletas de BJJ e Boxe.....44
6.1.4- Procedimentos experimentais na amostra com atletas BJJ.....44
6.1.5- Tarefa MVC para atletas de BJJ.....44
6.1.6- *Task Failure* para atletas de BJJ.....46
6.2.4- Procedimentos experimentais para amostra de atletas de Boxe.....46
6.2.5- Método de medição do soco aplicado a um saco de pancadas com um acelerômetro embutido para atletas de Boxe.....47
6.2.6- Sequência de golpes executados para a avaliação e intensidade dos *rounds* simulados para atletas de Boxe.....48
6.2.8- Desenho experimental para a amostra de atletas de BJJ.....51
6.1.8- Desenho experimental para amostra de atletas de Boxe.....52

6.2.9- Análise estatística.....52
7- RESULTADOS.....53
7.1- Resultados dos atletas de BJJ.....53
7.2- Resultados dos atletas de Boxe.....55
8- DISCUSSÃO.....59
8.1- Limitações do estudo.....63
9- CONCLUSÕES.....64
REFERÊNCIAS.....65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Homúnculo de *Penfield*.....22
Figura 2 – Fases do potencial de ação.....24
Figura 3 – Pontencial de ação e disparos frustrados.....24
Figura 4 – *Brazilian* Jiu-jítsu.....34
Figura 5 – Ilustração do pugilato em vaso da antiguidade.....35
Figura 6 – Representação do "*Cestus.*.....36
Figura 7 – Boxe olímpico.....37
Figura 8 – Boxe profissional.....37
Figura 9 – Posicionamento dos eletrodos.....43
Figura 10 – Posicionamento dos eletrodos nos atletas.....44
Figura 11 – Ilustração do Teste de MVC.....45
Figura 12 – Ilustração do *Task Failure*.....46
Figura 13 – Saco de pancadas com acelerômetro embutido.....48
Figura 14 – Acelerômetro.....48
Figura 15 – Jab.....49
Figura 16 – Direto.....50
Figura 17 – Cruzado (mão da frente).....50
Figura 18 – Cruzado (mão de trás).....51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características antropométricas dos atletas de Jiu-Jítsu.....53

Tabela 2- Graduação e categoria de peso dos atletas de Jiu-jítsu.....53

Tabela 3- Dados de média e desvio padrão para a percepção subjetiva de esforço e *task failure*.....55

Tabela 4- Características antropométricas dos atletas de Boxe.....55

Tabela 5- Categoria de peso dos atletas de Boxe.....56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Respostas na tarefa de MVC nas condições *Sham* e a-ETCC (CPFDL)..54

Gráfico 2 – Respostas no *task failure* nas condições *sham* e a-ETCC (CPFDL).....55

Gráfico 3 – Resposta na força média dos golpes durante os rounds.....57

Gráfico 4 – Resposta no número do volume dos golpes durante os rounds.....57

Gráfico 4 – Resposta na PSE durante os rounds.....58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Percentual
%G	Percentual de gordura
±	Mais ou menos
ACSM	*American College of Sport Medicine*
a-ETCC	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua anódica
BJJ	*Brazilian* Jiu-jítsu
CBJJ	Confederação Brasileira de Jiu-Jítsu
CC	Córtex Cingulado
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CI	Córtex Insular
CM	Córtex Motor
CPFDL	Córtex Pré-Frontal Dorsolateral
CSO	Córtex Supra Orbital
DP	Desvio padrão
EEG	Eletroencefalograma
ETCC	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua
Fp2	Local de marcação do eletrodo de acordo com EEG 10-20
GFTeam	*Grappling Fight Team*
IFBJJ	*International Federation Brazilian* Jiu-jítsu
IMC	Índice de Massa Corporal
ISAK	*International Society for Advancement of Kinanthropometry*
Kg	Quilos

m	Metros
M	Média
Ma	Miliamperes
Máx.	Máximo
Min.	Mínimo
MVC	Contração Máxima Voluntária
N	Newtons
n	Número da amostra
p	Valor-p (Probabilidade de significância)
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
s	Segundos
t	Valor-t (Diferença calculada representada em unidades de erro padrão)
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UAE	Emirados Árabes Unidos
UAM	Universidade Anhembi Morumbi
Oz	Onça
m/s^2	Metros por segundo ao quadrado
CITÉ	Centro de Inovação, Tecnologia e Educação
WBC	*World Boxe Council*

LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Parecer do CEP.....70

Anexo B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....73

Anexo C – Sistema 10-20 do EEG (referência para posicionamento dos eletrodos)...76

Anexo D – Escala de Percepção Subjetiva de Esforço de Borg adaptada.....77

1- INTRODUÇÃO

A Engenharia Biomédica é uma área multidisciplinar que integra a saúde, a tecnologia e as engenharias e está em constante crescimento, ela objetiva-se em compreender, desenvolver e aperfeiçoar sistemas e dispositivos que possam melhorar a qualidade de vida e os serviços em saúde. De maneira mais específica, podemos citar que essa área busca a quantificação dos parâmetros em saúde e biologia. Nesse contexto, a utilização de tecnologias que possibilitam realizar a neuromodulação com a finalidade do tratamento de patologias e da melhora do desempenho humano se encaixam dentro de uma subárea de estudo, que tem como base o entendimento em neurofisiologia e fisiologia neuromuscular.

A neuromodulação foi definida por Krames *et al.* (2009) como “uma tecnologia com impacto na interface neural”. Essa técnica pode ativar um processo de inibição, estimulação, modificação ou alteração da atividade elétrica ou química, no sistema nervoso central, periférico ou autônomo. Ainda, podemos citar que a neuromodulação não possui um caráter perigoso, além de ser uma técnica reversível e ajustável. O crescente interesse pela área científica médica na estimulação, surgiu com a finalidade de melhorar condições patológicas, a qualidade de vida e funcionamento biológico humano.

Diversas técnicas de neuromodulação têm sido desenvolvidas para tentar otimizar uma maior resistência muscular e gerar menor percepção subjetiva de esforço frente a contrações musculares fatigantes (HENDY, KIDGELL, 2013). Dentre essas diversas técnicas, a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) tem recebido grande interesse de diversos estudos (VITOR-COSTA, 2015; OKANO *et al.,* 2015, LATTARI *et al.*, 2018). A ETCC consiste em uma técnica de estímulo neural não invasiva, com a aplicação de uma corrente elétrica de baixa intensidade, realizada utilizando eletrodos de superfície (NITSCHE *et al.,* 2008). Essa técnica vem sido utilizada para tratamento auxiliar de diversas patologias, assim como a melhora no desempenho de atletas de diferentes modalidades, como os de lutas.

As lutas (artes marciais e modalidades esportivas de combate) estão presentes no dia a dia dos seres humanos, tais como os atletas que competem nas modalidades esportivas de combate; nas forças armadas que utilizam das artes marciais como forma de defesa pessoal dos seus soldados e, para indivíduos que praticam as lutas

em busca simplesmente de obter um melhor condicionamento físico e qualidade de vida. Estudos com a aplicação da ETCC em lutadores têm por finalidade poder auxiliar seus diversos tipos de praticantes, uma vez que lidam diretamente com componentes de desempenho, eficiência e controle motor. Podendo gerar resultados (ETCC + luta) que possam ser aplicados na prática ou em outras pesquisas tanto em pessoas com condições patológicas ou distúrbios, quanto em atletas de alto rendimento.

A ETCC vem se mostrando como um possível recurso ergogênico para melhora do desempenho em indivíduos ativos e em atletas (LATTARI *et al*., 2018). Considerando a neuromodulação em atletas como uma área promissora para investigação científica, o presente trabalho consiste em dois estudos que avaliam a aplicação da ETCC na capacidade neuromuscular e na percepção subjetiva de esforço (PSE) em atletas de lutas, mais especificamente em testes de preensão manual em atletas *Brazilian* Jiu-Jítsu (BJJ) e força e volume de golpes em atletas de Boxe.

2- REVISÃO DA LITERATURA

2.1- História e evolução da estimulação elétrica cerebral

A neuromodulação pode ser definida de acordo com a *International Neuromodulation Society* (INS) como um campo da ciência, bioengenharia e medicina que envolve tecnologias invasivas e não invasivas, elétricas ou químicas que tem por finalidade tratar distúrbios, patologias, promover melhora da qualidade de vida e no desempenho humano (KRAMES *et al*., 2009; SAKAS *et al.,* 2007). Dentro dos tipos de neuromodulação, podemos destacar a ETCC, que é um método não invasivo, de corrente elétrica, que por sua praticidade e custo, está sendo amplamente investigado na literatura (NITSCHE *et al.,* 2008; VITOR-COSTA e*t al.,* 2015, LATTARI *et al.*, 2018).

No contexto histórico da utilização da estimulação elétrica transcraniana, existem relatos sobre o uso de descarga elétrica terapêutica ainda no Império Romano, onde fazia-se o uso da eletricidade medicinal ou estimulação elétrica no cérebro com a finalidade no tratamento de epilepsias e cefaleias. Na obra "*Compositiones Medicae*", o médico Romano *Scribonius Largus* descreve além dessa, outras técnicas utilizadas na época. Porém, apenas após a descoberta dos princípios básicos do eletromagnetismo e da manipulação de correntes elétricas que ocorreu por volta de 1800, que os questionamentos e investigações sobre o uso de corrente elétrica com fins terapêuticos ganhou mais atenção e impulsionamento (FREGNI; PASCUAL-LEONE, 2007).

No início do século XIX, o químico italiano Alessandro Volta desenvolveu a primeira bateria que possibilitaria a aplicação contínua de uma corrente elétrica a um circuito, esta recebeu o nome de pilha voltaica (ou Pilha de Volta), com esse desenvolvimento foram conduzidos experimentos que estimulavam o córtex cerebral de cadáveres após a remoção de calota craniana, nessas pesquisas foi possível observar contrações musculares contralaterais às áreas estimuladas. Anos depois, o médico americano *Roberts Bartholow,* o neurologista e psiquiatra italiano *Ézio Sciamanna* e o também italiano *Alberto Alberti* tiveram papel importante no uso da estimulação elétrica terapêutica, sendo os primeiros médicos que utilizaram desses conhecimentos junto há neurofisiologia humana. Essas aplicações e o desenvolvimento só foi possível devido aos avanços científicos e, mais especificamente, os avanços de correntes da pilha voltaica (BOGGIO, 2006).

Durante o século XX, mais especificamente por volta de 1935, um aluno de *Ézio Sciamanna,* o neurologista italiano *Ugo Cerletti*, começou a defender o uso da eletroconvulsoterapia (ECT), que é uma técnica que gera indução de crises convulsivas, utilizando eletrochoques, método que seria mais seguro do que era comumente utilizado à época. Dessa forma foi desenvolvido um aparelho que induzia crises convulsivas por meio de descargas elétricas controladas, com a finalidade da utilização em pacientes portadores de algumas patologias psiquiatras. Em razão da grande eficácia seu uso passou a ser realizado de forma indiscriminada, sem indicação, no qual passou até mesmo a ser utilizado de maneira punitiva e como tortura nos manicômios e em tempos de guerra, o que acarretou em uma subutilização que perdura até os dias de hoje, mesmo tendo seu efeito terapêutico evidenciado (PASSIONE, 2004).

Em 1950, o pesquisador e neurocirurgião canadense *Wilder Penfield*, mapeou as representações somatotrópicas do corpo humano no córtex motor e sensorial, o que foi chamado de homúnculo de *Penfield* (ou Homúnculo Sensório-motor)*,* para tal feito, o médico utilizou uma estimulação elétrica precisa e controlada (BINDMAN; LIPPOLD; REDFEARN, 1964; NITSCHE; PAULUS, 2000a). De acordo com Ramachandran (1994); Ramachandran & Histein (1998) e Ramachandran & Blackslee (2004) o ‘mapa” foi construído a partir de experimentos feitos em seres humanos durante cirurgias realizadas por *Penfield*. Durante essas cirurgias, os pacientes respondiam a perguntas do que sentiam enquanto seus cérebros ficavam expostos, sob efeitos de anestesia local e determinadas regiões cerebrais eram estimuladas pelo pesquisador através de eletrodos.

O mapa das representações somatotrópicas do corpo humano no córtex motor e sensorial desenvolvido por *Penfield* está ilustrado na figura a seguir.

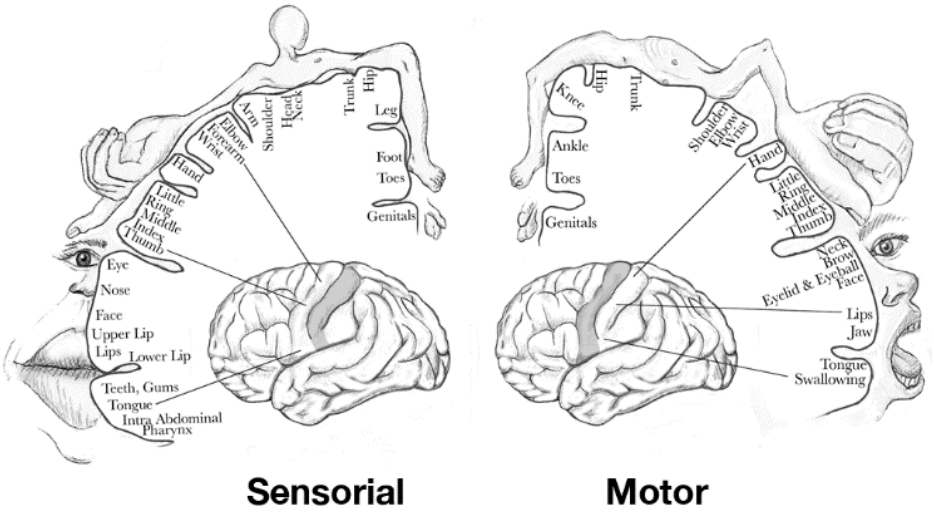


Figura 1 – Homúnculo de *Penfield*

Ainda na metade do século XX foram realizadas pesquisas em animais, em que puderam observar o potencial de membrana do axônio em repouso e durante condução do estímulo elétrico. Durante um experimento que utilizou animais de forma invasiva, no ano de 1964, observou-se os efeitos do disparo espontâneo de células do trato piramidal após a aplicação elétrica de corrente contínua, o aumento e a diminuição da atividade neuronal após aplicação de correntes de polaridade diferente caracterizando as estimulações anódica e catódica. Dessa forma, foi possível conhecer o comportamento da eletrofisiologia das células nervosas possibilitando então estudar os efeitos da estimulação elétrica no tecido nervoso (BINDMAN; LIPPOLD; REDFEARN, 1964; NITSCHE; PAULUS, 2000a).

Podemos destacar que o primeiro estudo conduzido e publicado que utilizou a aplicação da ETCC em humanos ocorreu no ano de 1998. Até então, estudos publicados eram realizados apenas em modelos animais e mostravam que a estimulação aplicada diretamente nas estruturas do sistema nervoso central, apresentavam efeitos substanciais e duradouros, demonstrando resultados promissores. Logo, o trabalho realizado por Priori *et al.* (1998), testou a aplicação de correntes contínuas (<0,5 mA por 7s) no córtex motor em 15 voluntários saudáveis. Em seus achados, puderam perceber que houve alterações na excitabilidade cortical dos avaliados após a alternância das aplicações das correntes anódica e catódica.

Neste contexto, a partir de tais conhecimentos, a ciência então poderia avançar nos estudos sob a utilização da ETCC.

2.2- Princípios da estimulação elétrica nas células neurais (Neurofisiologia)

A comunicação do Sistema Nervoso Central (SNC) ocorre através dos neurônios, que se comunicam química e eletricamente através de potenciais de ação, esta ação acontece na membrana celular dos organismos vivos, onde ocorre a atividade elétrica e esse processo se dá devido a diferença de potencial elétrico entre o citoplasma e o exterior das células. O impulso elétrico ocorre quando o estímulo é suficiente para alterar a carga elétrica do neurônio, gerando despolarização da célula. E ele se propaga ao longo do axônio do neurônio, transmitindo a informação até um outro neurônio ou mesmo a fibra muscular (no caso da comunicação neuromuscular) (CARTER *et al,* 2015; HALL, GUYTON, 2011; NELSON *et al.*, 2012).

Em repouso, todas as células (incluindo os neurônios) estão negativamente carregadas no lado interno com relação à carga existente do lado de fora da célula. Essa carga negativa resulta de uma distribuição desigual dos íons carregados (íons são elementos dotados de carga positiva ou negativa) ao longo da membrana celular. Assim, um neurônio é polarizado e essa diferença de carga elétrica é denominada Potencial de Repouso da Membrana (PRM). A magnitude do potencial de repouso da membrana varia entre -5 a -100 mV dependendo do tipo celular. Os potenciais de repouso da membrana dos neurônios geralmente ficam em aproximadamente -70 mV (POWERS, HOWLEY, 2014; HALL, GUYTON, 2011; NELSON *et al.,* 2012).

Um potencial de ação é produzido por um aumento da condutância de sódio dentro do neurônio. Conforme mais sódio entra no neurônio, a carga vai se tornando cada vez mais positiva e um potencial de ação é gerado. A célula nervosa, como dito antes, possui um potencial de membrana de repouso por volta de -70 mV e atinge na despolarização um potencial de +30 mV. Isso vai ocorrer quando a estimulação inicial causar a despolarização de pelo menos 15 a 20 mV, o que vai fazer com que a carga suba de -70 mV para aproximadamente -50 a -55 mV, este ponto é chamado de limiar excitatório, pois a partir dele os canais de entrada de sódio e os canais de saída do potássio se abrem de maneira rápida e significativa na célula gerando o potencial de ação (despolarização). (KENNEY *et al.,* 2013; HALL, GUYTON, 2011; LENT, 2010).

Todo o processo de despolarização e repolarização estão descritos e apresentados detalhadamente na figura a seguir.

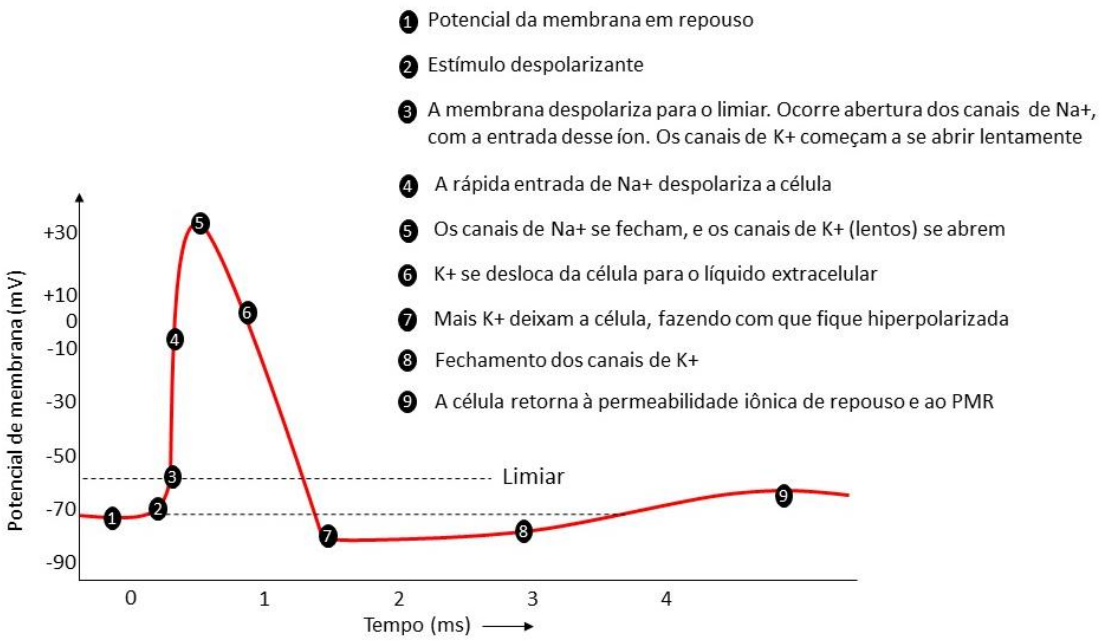


Figura 2 – Fases do potencial de ação

Podemos dizer que a estimulação de um neurônio segue a lei do “tudo ou nada” (HALL, GUYTON, 2011), para que haja a despolarização do neurônio e um impulso se propague ao longo do axônio é necessário que o estímulo atinja uma voltagem do limiar excitatório, logo estímulos abaixo desse limiar (aproximadamente -50 a -55 mV) seriam incapazes de gerar potenciais de ação, sendo descritos na literatura como “disparos frustrados”. Ainda, acredita-se que quando ocorre a despolarização e uma atividade de um potencial de ação em uma membrana excitável, este efeito poderia gerar disparos de potenciais de ação em regiões próximas a esta membrana, pois a despolarização que ocorre no início de um potencial de ação, pode proporcionar um fluxo de corrente localizada em regiões próximas a excitada. As correntes elétricas transmembranas são tratadas como correntes contínuas (CC) com potencias relativamente estáveis e variações lentas (CARTER et al., 2015; HALL, GUYTON, 2011).

Sugere-se que a aplicação de correntes elétricas (anódica), através de eletrodos externos (de superfície), como, por exemplo, a ETCC pode modificar o comportamento de uma membrana excitável, como a de um neurônio, e assim ocasionar (facilitando e não gerando) uma despolarização dessa membrana ou não,

podendo então desencadear (ou não) um potencial de ação. Disparos frustrados (estímulos que não atingem o limiar excitatório e, consequentemente, não geram o potencial de ação) poderiam hipoteticamente então, com a estimulação conseguir atingir o limiar excitatório, facilitando a possibilidade de um potencial de ação, conforme demonstrado no gráfico 2.

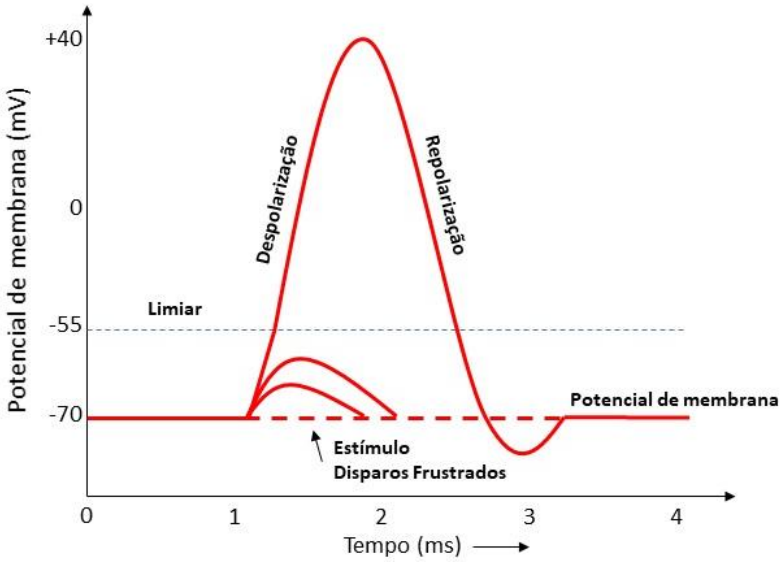


Figura 3 - Potencial de Ação e disparos frustrados

2.3- ETCC, métodos e aplicações

As interações atuais de neurotecnologia, incluindo técnicas neuromodulatórias como a ETCC, apresentam um potencial considerável como modalidades autônomas para o tratamento de distúrbios neuropsiquiátricos, melhoria do desempenho neurocognitivo e físico-esportivo (GIORDANO *et al.,* 2017; VITOR-COSTA *et al.,* 2015; LATTARI *et al.,* 2019; LATTARI *et al.,* 2018; LATTERI *et al.,* 2017).

A ETCC constitui-se em uma aplicação de uma corrente elétrica não invasiva e indolor, em que se utilizam eletrodos de superfície (tamanhos entre 25-35 cm^2), que são envolvidos por uma esponja embebida em solução salina (HENDY & KIDGELL, 2014). Elas são posicionadas no escalpe (couro cabeludo), tendo a finalidade de alterar a excitabilidade neural (NITSCHE *et al.,* 2008; BUTLER *et al.,* 2012; WILLIANS *et al.,* 2013; HENDY *et al.,* 2016). A profundidade do estímulo elétrico produzido pela

ETCC pode atingir a área cortical e subcortical, sendo que seus efeitos podem perdurar por horas (NITSCHE, PAULUS, 2000b).

Este tipo de neuroestimulação produz uma variação no potencial de repouso da membrana celular, facilitando ou dificultando o disparo neural dependendo da polaridade (tipo de corrente) aplicada (NITSCHE, PAULUS, 2001). Logo, a ETCC possui duas correntes, uma anódica e outra catódica. A estimulação anodal visa aumentar a excitabilidade cortical, enquanto a estimulação catódica diminui a excitabilidade cortical (NITSCHE *et al.,* 2003; UTZ *et al*., 2010; HENDY, KIDGELL, 2014). Existe ainda uma terceira forma de aplicação da estimulação, que é utilizada nos estudos para a condição placebo, denominada de *sham* (NITSCHE *et al.,* 2003). Segundo estudos realizados anteriormente, esta forma de utilidade não promove qualquer mudança na excitabilidade cortical do participante, uma vez que, o aparelho é desligado usualmente 30 segundos após o início da aplicação. Tal estratégia é utilizada com a finalidade de que avaliado não tenha percepção de que não ocorrerá passagem de corrente elétrica nesta ocasião (GANDIGA *et al.,* 2006).

Por ser uma técnica de neuromodulação não invasiva, parte da corrente aplicada pela ETCC se dissipa entre tecidos acima do córtex, sendo que, aproximadamente 20% da corrente aplicada, que é considerada uma quantidade suficiente, alcança estruturas corticais alterando o potencial de membrana das células que estão próximas aos eletrodos. Esta possível alteração na excitabilidade neuronal gera modificação na função cerebral, que pode e está sendo utilizado em diversas terapias, visando o equilíbrio da rede neural em patologias e até mesmo potencializando o desempenho físico humano (WAGNER *et al.,* 2007; LATTARI *et al.,* 2018).

A ETCC é descrita pela literatura como uma técnica incapaz de gerar danos graves à saúde do usuário, sendo considerada como um método seguro de aplicação. Um estudo realizado por Bickson *et al.* (2016) analisou a aplicação de ETCC em mais de mil participantes, no qual não notaram nenhuma lesão grave nos voluntários participantes, sendo um relato científico importante que corrobora com a segurança da técnica. Entretanto, pode-se observar na literatura relatos de alguns efeitos colaterais com sua aplicação, tais como: formigamento e prurido no local do

posicionamento dos eletrodos, fadiga moderada, cefaleia, náuseas e insônia (VITOR-COSTA *et al*., 2012; POREIZ *et al*., 2007).

A intensidade ideal de aplicação da corrente elétrica ainda não é totalmente bem esclarecida, é possível encontrar controvérsias na literatura, vale ressaltar que esta, pode ser sensível também a área do córtex estimulada, assim como a população e o objetivo da aplicação. Jamil *et al*. (2016) realizaram um estudo com objetivo investigar o efeito de diferentes intensidades de correntes elétricas (0.5, 1.0, 1.5 e 2 mA) nas polaridades anódica e catódica por 15 minutos no potencial evocado motor (PEM). Os autores encontraram aumento de PEM em todas as intensidades para a estimulação anódica, enquanto para a estimulação catódica, só foi verificada diminuição do PEM na intensidade de 1 mA.

A ETCC é considerada uma ferramenta de aplicação de fácil manuseio, segura e de baixo custo, porém, algumas limitações são importantes e carentes de destaque (VARGAS *et al*., 2018). Entre essas limitações podemos citar a dificuldade do estudo e entendimento dos mecanismos de ação da ETCC, uma vez que para tais esclarecimentos seriam necessárias análises invasivas; além disso podemos citar que é desconhecida a capacidade da ETCC em atingir “grandes áreas”, podendo não ser uma ferramenta ideal quando o objetivo for atingir áreas mais específicas do córtex cerebral (NITSCHE *et al*., 2003a; BOGGIO *et al*., 2006). Ainda, podemos também citar a individualidade de cada pessoa com relação à condutividade e resistência da corrente, uma vez que, as pessoas apresentam um tipo de escalpe, cabelo, entre outros fatores, que podem interferir para uma maior ou menor corrente para o córtex (NITSCHE *et al*., 2002).

2.4- Mecanismos de ação da ETCC

A maioria dos estudos que possuem por finalidade avaliar os mecanismos de ação da ETCC e as outras técnicas de neuromodulação para respostas motoras, buscam mensurar a excitabilidade cortical através do Potencial evocado motor (PEM), que é uma medida para tentar quantificar a qualidade e integridade dos *outputs* enviados do córtex motor para medula espinhal. O PEM são registros ou respostas

elétricas evocadas em um músculo ou nervo motor, induzidas por estimulação elétrica ou magnética (BESTMANN & KRAKAUER, 2015).

Nos estudos sobre mecanismos da ETCC em geral, a análise dos PEM's é feita por meio da aplicação da Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) e não da ETCC (NITSCHE & PAULUS, 2000; STAGG & NITSCHE, 2011; KIM *et al*., 2014). A EMT é uma técnica de estimulação baseada no princípio da indução eletromagnética e pode ser capaz de modular o tecido neuronal, gerando um aumento ou inibição da excitabilidade intracortical, sendo capaz de gerar um impulso elétrico (BRUNONI, 2017; KIM *et al*., 2014; PARKIN; EKHTIARI; WALSH, 2015; KOBAYASHI & PASCUAL-LEONE, 2003).

Uma revisão sistemática realizada por Horvath et al. (2014) pôde observar que a ETCC possui a capacidade de gerar alterações no PEM. Porém, segundo Brunoni (2017) a ETCC diferentemente da EMT não é capaz de desencadear um potencial de ação, uma vez que ela promove apenas estímulos abaixo do limiar excitatório. Desta forma, podemos sugerir que a ETCC teria a capacidade de "facilitar" o processo de despolarização da célula neuronal e, consequentemente, possibilitar um potencial de ação, principalmente em disparos que poderiam ser "frustrados". O pesquisador verificou que a aplicação de ETCC sobre o escalpe para possuir uma efetividade mais próxima dos efeitos obtidos pela EMT a aplicação da corrente deve ser superior a 3 minutos.

O mecanismo de ação da ETCC não atua somente promovendo alteração do potencial de repouso de membrana, mas também um possível somatório desse evento, proporcionando um possível efeito plástico, descrito na literatura como plasticidade neural (BRUNONI, 2017). A plasticidade neural ou neuroplasticidade pode ser entendida como a capacidade do cérebro se adaptar por mudanças funcionais do SNC, tendo a finalidade de responder a estímulos internos ou externos. Isto ocorre por meio da organização dos circuitos neurais e reorganização dos neurônios por meio de vivências, estímulos e aprendizagem (LENT, 2010).

A plasticidade neural ocorre dependentemente da comunicação neuronal, neste caso, pode-se observar suas ações nas sinapses e em diferentes neurotransmissores. O neurotransmissor mais estudado no envolvimento das ações da neuroplasticidade é o glutamato, este se liga em receptores glutamaérgicos (NMDA

e AMPA) e promovem ações que facilitam ou inibem a despolarização celular nervosa, mediando a comunicação. Ainda, além do glutamato, íons positivos (Ca^{+2}, Mg^{+2} e Na^{+}) também se ligam a estes receptores (LENT, 2010; BRUNONI, 2017; LEFAUCHEUR, 2016).

A aplicação das correntes da ETCC (anódica e catódica) possuem a capacidade de gerar alterações em neuro receptores localizados na fenda pós-sináptica (NMDA, AMPA, $GABA_A$, $GABA_B$ e $GABA_C$) e devido a isso, possivelmente, ocorre a neuroplasticidade (KIM *et al*., 2014; LEFAUCHEUR, 2016). Para que a comunicação aconteça (despolarização da célula nervosa) é necessário que o glutamato seja liberado por um neurônio, através de um impulso nervoso na fenda sináptica. Após isto, ele se liga em seus receptores (NMDA e AMPA). Quando o estímulo que chega no neurônio pós-sináptico é baixo (aproximadamente -35mV), AMPA abre a entrada de Na^{+} para o meio interno facilitando a despolarização, porém, nesta condição, NMDA tem seu influxo de Na^{+} e de Ca^{+2} bloqueados pelo Mg^{+2}. Quando o impulso que chega no neurônio pós-sináptico é alto ou em grande frequência, o Mg^{+2} se desloca para o meio externo, abrindo agora também, as entradas de Na^{+} e Ca^{+2} para o interior celular, favorecendo a despolarização. Com a entrada de Ca^{+2}, inicia-se diversas sinalizações que contribuem para alterações intracelulares nas células pós-sinápticas, resultando na potenciação de longa duração (PLD) ou depressão de longa duração (DLD), processos esses envolvidos na excitabilidade e plasticidade neural (KIM *et al*., 2014; LEFAUCHEUR, 2016; FRITSCH *et al.,* 2010; LANG *et al.*, 2004; NITSCHE *et al.*, 2007). No caso das adaptações da PLD, agora para um mesmo estímulo que foi acionado anteriormente, o neurônio teria uma maior facilidade de despolarização (FRITSCH *et al.,* 2010; LANG *et al.*, 2004; NITSCHE *et al.*, 2007).

Os mecanismos que geram efeito hiperpolarizante são originados pelo ácido gama-aminobutírico (GABA), importante neurotransmissor inibitório. Seus receptores são divididos em $GABA_A$, $GABA_B$ e $GABA_C$ (HSU; CHANG; CHERN, 2018; TENG *et al*., 2017). Sendo o $GABA_A$ e $GABA_C$ ionotrópicos e $GABA_B$, metabotrópico (LENT, 2010; HSU; CHANG; CHERN, 2018). O GABA é liberado na fenda sináptica em decorrência de um impulso elétrico, e logo se liga a seus receptores. Os receptores $GABA_A$ e $GABA_C$ são canais de influxo de Cl- para dentro da célula pós-sináptica, com

isso ocorre um efeito inibitório na membrana pós-sináptica. No caso dos receptores $GABA_B$, por serem metabotrópicos, seus efeitos ocorrem de uma forma mais complexa, onde existe a necessidade de iniciar uma cascata de reação através da ativação da proteína G, para que então possa provocar a abertura dos canais de K^+ e então o seu deslocamento para o meio extra celular (LEFAUCHEUR *et al.,* 2020; LENT, 2010).

2.5- ETCC e áreas corticais (CPFDL e CM)

A área de estímulo para aplicação da ETCC ainda é muito discutida na literatura, principalmente por parecer haver respostas diferentes, dependendo da população estudada/estimulada e, também, da tarefa executada. Estudos que avaliaram a utilização da ETCC sob o córtex motor (CM) obtiveram alguns bons resultados, principalmente em pessoas saudáveis ou com alguns tipos de patologias (COGIAMANIAN *et al.* 2007). Cogiamanian *et al.* (2007) desenvolveram um estudo com indivíduos saudáveis e pôde observar que a a-ETCC (-21%) foi capaz de diminuir significativamente menos o tempo de resistência quando comparada as condições placebo (-35%) ou sem estimulação (-39%), demonstrando que a aplicação da tDCS anódica sob áreas motoras do córtex cerebral aumentaram a resistência muscular dos flexores do cotovelo esquerdo em uma intensidade referente a 35% da MVC.

Apesar de existirem achados interessantes da aplicação da ETCC sob o CM, estudos divergem e questionam a sua aplicação sob essa área e, principalmente, em pessoas fisicamente ativas, atletas amadores e de alto rendimento (KAN *et al.* 2013; WILLIAMS *et al.,* 2013; MONTENEGRO *et al.,* 2015). Um estudo desenvolvido por Williams *et al.* (2013) não encontrou diferenças significativas na aplicação de a-ETCC (2mA por 20 minutos) em uma população saudável durante o *task failure* do flexor de cotovelo realizado à uma carga de 20% da MVC, ainda a condição de a-ETCC gerou maior fadiga e maior percepção de esforço quando comparada a condição *Sham*.

Kan *et al.* (2013) partem da hipótese que a aplicação da ETCC sob o CM em indivíduos ativos e em atletas pode não promover uma resposta na função muscular, em decorrência de um possível “efeito teto” nessa população, onde a estimulação não teria a capacidade de melhorar mais a funcionalidade dessa área, já que esta, é muito

bem desenvolvida nesses sujeitos, em consequência de adaptações crônicas promovidas pelo treinamento.

De acordo com Tanaka *et al.* (2009) existe uma estreita ligação entre o CM e o córtex cingulado e insular (estes dois últimos correspondem ao CPFDL). O CPFDL é responsável pela percepção de esforço frente aos exercícios e se comunica com o CM, informando-o sob quão extenuante está o esforço. Logo, esta área está diretamente associada a manutenção ou interrupção do exercício físico durante tarefas fatigantes.

Uma revisão sistemática apontou que antes do início da fadiga o córtex pré-frontal (CPF) inicia um processo de perda de oxigenação (ROOKS *et al*., 2010), assim a ETCC aplicada sobre esta área poderia fortalecer a capacidade dessa região em desconsiderar respostas interoceptivas advindas do exercício e ainda continuar enviando sinais positivos ao CM, desta maneira o sujeito poderia continuar na realização do exercício físico. Ainda, acredita-se que o CPFDL pode contribuir para uma melhor relação dos músculos agonistas e antagonistas, promover a motivação, além da diminuição da percepção de esforço como já descrita anteriormente (TANAKA *et al.,* 2009; COGGIAMANIAN *et al.,* 2007; LIU, YAO *et al.*, 2005).

2.6- ETCC como efeito ergogênico no desempenho físico de atletas

Os fatores limitantes do desempenho máximo em humanos têm sido constantemente investigados pela literatura (DI PRAMPERO, 2003). A falha do sistema neuromuscular diante de um exercício exaustivo tem sido interpretada sob aspectos periféricos e centrais (NOAKES, ST CLAIR GIBSON *et al.,* 2004). Algumas pesquisas evidenciam o papel do sistema nervoso central, mais especificamente o córtex motor (CM) e o córtex pré-frontal (CPF), como responsável direto pela manutenção de contrações musculares mesmo em estado de fadiga muscular (LIU, YAO *et al.*, 2005). Com isso, a ETCC ganhou a atenção sob sua possível utilização para praticantes de atividades físicas e atletas, com a finalidade da melhora do desempenho, podendo ser mais uma estratégia ergogênica.

Em todos os estudos encontrados que avaliam a ETCC para melhora do desempenho, apenas quatro foram conduzidos com atletas (HAZIME *et al.,* 2017;

OKANO *et al.,* 2014; SASADA *et al.,* 2017; MESQUITA *et al.,* 2019), e desses quatro, apenas um com atletas de lutas, mais especificamente atletas de *taekwondo* (MESQUITA *et al.,* 2019). Na maioria dos trabalhos observados na literatura continham amostras de sujeitos ativos recreacionalmente.

No estudo conduzido por Mesquita *et al.,* (2019) que avaliou a aplicação da ETCC anódica sob o CM nos dois hemisférios, os autores encontraram uma redução na performance dos atletas e um aumento da PSE quando foi realizada a condição anódica. Tais resultados, sob a aplicação da ETCC sob o CM em atletas apresentaram questionamentos, principalmente durante a realização de uma tarefa muito específica.

Estudos que avaliaram a aplicação da ETCC sob o CPFDL como recurso ergogênico para indivíduos ativos encontraram boas respostas tanto na potência anaeróbia (LATTAARI *et al*., 2018), quanto em resistência da força em exercícios da musculação (LATTARI *et al.,* 2016; LATTARI *et al.,* 2019).

Lattari *et al.* (2018) avaliaram os efeitos da aplicação da ETCC sob o CPFDL em 11 mulheres moderadamente ativas, durante o teste de tempo limite (Tlim) à 100% do vVo2Máximo em cicloergômetro. Em seus resultados a condição anódica melhorou de maneira significativa a tolerância a fadiga quando comparada a condição *Sham*.

Em outro estudo, desta vez associando ETCC e cafeína em testes de força no supino reto, Lattari *et al.* (2019) avaliaram 15 homens recreacionalmente treinados. Nos resultados, a cafeína e a ETCC melhoraram a força e tiveram respostas parecidas, a utilização de cafeína em associação com a ETCC não melhorou o desempenho da amostra, mas reduziu os valores da PSE. Tais achados sugerem que novos estudos que investiguem a aplicação da ETCC anódica sob o CPFDL, principalmente em atletas possam ser realizados. Uma vez que tal estratégia poderia auxiliar a prática dessa população.

2.7- Lutas, artes marciais e esportes de combate

As lutas, artes marciais e esportes de combate, muitas das vezes, são termos utilizados como sinônimos, o que é um equívoco, uma vez que estes possuem definições diferentes, além de poderem ser encaixados em diferentes contextos. O termo “lutas” segundo Correia e Franchini (2010) possui um investimento diversificado

de representações e significados, o que lhe confere uma dimensão “polissêmica”. Quando nos referimos ao contexto dos embates físicos/corporais, o termo “luta” é restrito por intenções de subjugações entre os sujeitos a partir de conflitos interpessoais e, algumas vezes, por conteúdos humanos contraditórios ou ambivalentes.

Quando nos referimos as artes marciais, estamos utilizando uma denotação ocidental, que faz alusão à Marte, Deus da Guerra. Esta se caracteriza no contexto das práticas corporais a partir da noção “metáfora de guerra”, uma vez que essas práticas derivam de técnicas de guerra. Pode-se dizer que a dimensão ética e estética é destacada, identificada pela própria nomenclatura de “arte”, identificada como demanda expressiva, inventiva, imaginária, lúdica e criativa. O termo arte marcial pode ser considerado sinônimo de “*Bushido*”, que significa “caminho do guerreiro”, denominação essa, oriunda do oriente (CORREIA & FRANCHINI, 2010). Ainda, segundo Rufino e Darido (2009); Ferreira (2009), a arte marcial está relacionada na sua prática com questões amplas, tais como: filosofia, sociologia, religião, cultura, disciplina, hierarquia e código de conduta de ética.

Os esportes de combate podem ser considerados configurações das práticas de lutas, das artes marciais e dos sistemas de combate sistematizados em manifestações culturais modernas, orientadas pelas instituições desportivas. De maneira direta, podemos dizer que é a manifestação de embates físicos de maneira esportiva, onde carecem de regras estruturadas, federações, confederações e competições (CORREIA, FRANCHINI, 2010).

Quando nos referimos a origem das artes marciais, é possível encontrar diferentes informações sobre seu surgimento na literatura. Podemos destacar que existem registros de práticas de atividades de artes marciais muitos anos a.C. e em diferentes locais do mundo, tais como: China, Índia, Japão, as Coreias, Europa e Hispano-américa (CORREIA, FRANCHINI, 2010; RUFINO, DARIDO, 2009).

As lutas, artes marciais e esportes de combate possuem classificações de acordo com as características em comum delas, podemos dizer que existem as: (1) de “domínio” como o BJJ, luta livre esportiva, sambô, judô, aikidô, luta olímpica, sumô, luta corporal indígena e luta senegalesa; (2) de “percussão” como *kickboxing*, karatê, boxe, muay thai, *taekwondo*, savate e kung fu/wushu; (3) as “mistas” como capoeira,

mixed martial arts (MMA), pancrário, dambe e silat; (4) e também a de "implemento/armas" como kendô, esgrima e silat (PAIVA, 2015).

2.8- *Brazilian Jiu-jítsu* (BJJ)

O *Brazilian Jiu-jítsu* (BJJ) é uma arte marcial e esporte de combate que teve em sua origem uma herança proveniente do Japão (através do *Ju-jutsu*), porém apenas no início do século XX no Brasil, através de mudanças técnicas, como a inclusão das alavancas nos movimentos utilizados, a arte marcial evoluiu até se tornar o que vemos hoje em dia. O objetivo principal do BJJ é a finalização do oponente com base em *grappling*, raspagens, quedas, estrangulamentos e chaves de articulação (LIMA *et al.,* 2017; MOLLER *et al.,* 2020). Durante as lutas de Jiu-Jitsu, há uma alternância entre movimentos de alta e baixa intensidade (ANDREATO *et al.,* 2015). As ações de alta intensidade induzem uma diminuição no desempenho devido à fadiga muscular, o que causa uma redução na força e potência durante os combates (BETTS *et al.,* 2009; ANDREATO *et al.,* 2015).

A duração das lutas nas categorias adulto e "*master* 1" (18 a 35 anos) variam entre 5 e 10 minutos nas principais organizações. Durante esse tempo, a contração isométrica predomina em pequenos grupos musculares, como antebraços e bíceps. Além disso, essas contrações isométricas são necessárias para executar movimentos básicos necessários para controlar o oponente, como a pegada do quimono (MOLLER *et al.,* 2020; FRANCHINI *et al.,* 2005).

Figura 4 – *Brazilian* Jiu-jítsu, ilustração de uma luta durante uma competição oficial da IFBJJ.

2.9- Boxe

O Boxe ou Pugilismo é praticado desde a Antiguidade. Vieira e Freitas (2007) afirmam que algumas obras informavam haver lutas com as mãos 7.000 anos antes de Cristo, mas ressaltam que “a maioria dos historiadores, porém, prefere trabalhar com uma marca diferente, informando que o boxe teria surgido formalmente cerca de 4 mil ou 3 mil anos antes da era cristã”.

Figura 5 - Ilustração do pugilato em vaso da antiguidade

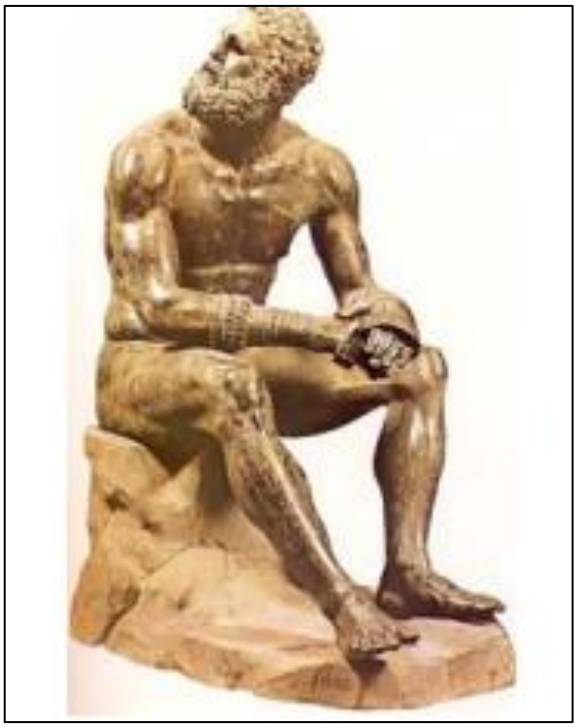


Figura 6 - Representação do "*Cestus*"

O boxe é um esporte de combate, que possui como característica o confronto entre dois oponentes, que objetivam o *knockout*, e buscam vencer a batalha dentro das regras específicas e em um local determinado (VERKHOSHANSKI, 1995). Nas regras do boxe olímpico, as lutas de todas as categorias possuem 3 *rounds* de 3 minutos cada, com 1 minuto de intervalo entre eles. Já no boxe profissional existe um número maior de *rounds*, o que pode variar de acordo com o evento ou competição. Com isso, nesses atletas existe uma necessidade de tentar preservar a resistência muscular e principalmente a potência, uma vez que essa valência é fundamental para obter sucesso no objetivo final da luta, com isso, estratégias eficientes que possam aumentar a potência ou mesmo manter a mesma ao longo da luta (por exemplo a ETCC) poderiam auxiliar no desempenho de atletas de Boxe.

Figura 7 - Boxe olímpico, ilustração do boxe sendo competido durante os jogos olímpicos

Figura 8 - Boxe profissional, ilustração de uma luta de boxe profissional

3- OBJETIVOS

3.1- Objetivo geral

Avaliar as respostas agudas após a aplicação da ETCC anódica sob o CPFDL esquerdo no desempenho neuromuscular (força e resistência) e a PSE durante testes específicos para duas amostras de atletas diferentes, atletas de elite do sexo masculino de BJJ e de Boxe.

3.2- Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos agudos da ETCC anódica e *sham* (placebo) aplicadas sob o CPFDL no desempenho da força e resistência neuromuscular durante teste preensão manual (MVC e *Task Failure*) em atletas de elite do sexo masculino de BJJ.
- Avaliar a PSE nas condições anódica e *sham* (placebo) na modalidade BJJ.
- Avaliar os efeitos agudos da ETCC anódica e *sham* (placebo) aplicadas sob o CPFDL no desempenho da força e resistência da força neuromuscular durante a execução de socos (movimentos específicos) em atletas de elite do sexo masculino de Boxe.
- Avaliar a PSE nas condições anódica e *sham* (placebo) na modalidade Boxe.
- Avaliar o desempenho no volume dos golpes durante os *rounds* na modalidade Boxe.

4- HIPÓTESES

Nos atletas da modalidade de BJJ o autor parte da hipótese que a ETCC anódica aplicada sob o CPFDL teria a capacidade de modular esta área, elevando o desempenho de resistência da força isométrica de preensão manual durante a execução do teste de *task failure*. E que a ETCC anódica poderia influenciar na redução da PSE durante os testes realizados.

Nos atletas de Boxe o autor possui a hipótese que a ETCC anódica aplicada sob o CPFDL teria a capacidade de modular esta área, elevando o desempenho ou mesmo reduzindo uma queda mais acentuada no desempenho (aceleração) dos socos avaliados entre cada *round.* A ETCC anódica poderia também influenciar na redução da PSE durante os testes realizados.

5- JUSTIFICATIVA

Uma revisão sistemática e meta-análise realizada por Machado *et al.* (2018) demonstrou que até o presente momento, apenas três estudos tentaram investigar os efeitos ergogênicos da aplicação da ETCC em atletas, pois na maioria dos estudos a amostra é composta por indivíduos recreacionalmente ativos e sem uma amostragem de atletas de algum tipo de luta.

Pode-se observar que, existem ainda muitas divergências acerca da área de estimulação, assim como o real efeito ergogênico da ETCC. Estudos em atletas, principalmente atletas de lutas são escassos. Até o presente momento não foi encontrado nenhum estudo que investigasse os efeitos a ETCC aplicado sob o CPFDL no desempenho de tarefas específicas para atletas de BJJ e de Boxe. Tais informações poderiam contribuir para um melhor entendimento das respostas da ETCC nessa população, assim como possibilitar um recurso adicional que possa ser usado para melhorar a qualidade de vida e desempenho físico dessa população na prática, sendo mais uma ferramenta para treinadores.

6- MATERIAIS E MÉTODOS

6.1.1- Aspectos éticos

O presente trabalho atende as Normas para Realização de Pesquisa em Seres Humanos, Resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde de 12/12/2012. Foi enviado para o Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Anhembi Morumbi e aprovado sob o parecer de número 3.903.038. Todos os participantes do estudo concordaram em assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) que podem ser observados nos Anexos A e B.

6.1.2 Amostra e antropometria

Para caracterização antropométrica das duas amostras do estudo (atletas de BJJ e de Boxe) foram verificados: estatura e massa corporal total utilizando uma balança digital e um estadiômetro de parede. Dobras cutâneas com compasso adipômetro *Slim Guide* utilizando três dobras (masculina: peito, abdome e coxa). Os valores foram inseridos na equação de densidade corporal de Jackson e Pollock (1985) e posteriormente na equação proposta por Siri (1961) para a estimativa do percentual de gordura. A antropometria foi mensurada seguindo as recomendações e os protocolos propostos pela *Society for Advancement of Kinanthropometry* (ISAK) (ACSM, 2010). A envergadura foi coletada apenas para os atletas de Boxe com os sujeitos em postura ortostática, encostados com o dorso na parede, ombros abduzidos à 90º, cotovelos totalmente estendidos, e foi verificada a distância entre as falanges distais dos dedos médios com uma trena antropométrica (Cescorf).

A amostra de atletas de BJJ foi composta por dez atletas (n=10) de elite de BJJ do sexo masculino da *Grappling Fight Team* (GFTeam, Rio de Janeiro, Brasil), com idades entre 18 e 35. Todos os participantes da amostra passaram pelas duas condições experimentais, os mesmos realizaram os testes em duas condições diferentes (anódica e *sham*) com intervalos mínimos de 48 horas entre cada uma das condições.

Como critério de elegibilidade para seleção desta amostra, os participantes tiveram que atender aos seguintes requisitos: 1) Participar de pelo menos 3 competições da Federação Internacional de *Brazilian Jiu-jítsu* (IFBJJ / CBJJ) e / ou da Federação dos UAE (Emirados Árabes Unidos) por ano; 2) Ser graduado nas faixas

azul, roxa, marrom ou preta; 3) Ter entre 18 e 35 anos, participando de competições nas categorias adulto e *master* 1. Foi adotado como critério de exclusão, atletas que possuíam algum tipo de lesão osteomioarticular ou outros fatores que pudessem limitar os testes.

A amostra de atletas de Boxe foi composta por seis atletas de Boxe (n=6) do sexo masculino da *Fight Champ* e Venturini Boxe e Kickboxing (Rio de Janeiro, Brasil), com idades entre 18 e 35 anos. Todos os participantes da amostra passaram pelas duas condições experimentais, os mesmos realizaram os testes em duas condições diferentes (anódica e *sham*) com intervalos mínimos de 48 horas entre cada uma das condições.

Como critério de elegibilidade desta amostra, os participantes tiveram que atender aos seguintes requisitos: 1) Participar de pelo menos 3 competições nível estadual por ano; 2) Ter entre 18 e 35 anos. Foi adotado como critério de exclusão, atletas que possuíam algum tipo de lesão osteomioarticular ou outros fatores que pudessem limitar os testes.

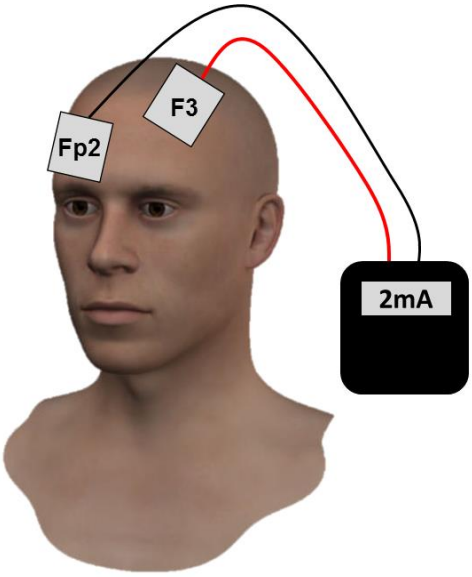
Ainda assim, os sujeitos das duas amostras (BJJ e Boxe) foram orientados a não se exercitarem 24 horas antes dos testes e os que estavam utilizando alguma suplementação foram orientados a manter a rotina durante todos os testes.

6.1.3- Equipamento e aplicação da ETCC

Os sujeitos foram acomodados nas instalações da academia, sentados no tatame com os eletrodos fixados no escalpe. A corrente elétrica de 2 mA por durante 20 minutos foi aplicada usando um par de esponjas embebidas em solução salina (140 mMol de NaCl dissolvido em água Milli-Q) envolvendo os dois elétrodos (35 cm^2) (NITSCHE *et al.,* 2008). Os eletrodos (anódico e catódico) foram conectados a um dispositivo de estimulação de corrente contínua (*The Brain Driver tDCS v2*.1, Estados Unidos da América) e foram fixados ao escalpo dos participantes por meio de bandas elásticas. Para a estimulação anódica foi aplicada sob o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL) esquerdo, localizado sobre área do eletrodo F3, de acordo com o sistema internacional 10-20 do EEG (Anexo C). O cátodo foi colocado no córtex supra orbital (CSO) direito, localizado sobre a área do eletrodo Fp2, ambos fixados por elásticos.

Para condição placebo, os eletrodos foram colocados na mesma posição da estimulação anódica. No entanto, o estimulador foi desligado após 30 segundos, o que tem sido relatado como uma estimulação ineficaz (GANDIGA *et al*., 2006).

Segundo estudos realizados anteriormente, com essa forma de estimulação placebo, os sujeitos costumam relatar sensações de formigamento ou prurida proveniente da estimulação elétrica inicial (FONTENEAU *et al*., 2019; WALLACE *et al*., 2016). Este procedimento possibilita que os sujeitos se tornem “cegos” para o tipo de estímulo que receberam durante o teste (BOGGIO *et al*., 2008). A colocação correta dos eletrodos sobre o participante pode ser observada na Figura 9 e Figura 10.



F3- área F3 do eletrodo no cótex pré frontal dorsonlateral esquerdo, de acordo com o Sistema internacional 10–20; Fp2- O eletrodo da área Fp2 no cortex orbital direito de acordo com o Sistema internacional 10–20.

Figura 9- Posicionamento dos eletrodos

Figura 10 – Posicionamento dos eletrodos no atleta

6.1.7- Escala de Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) utilizada nos desenhos experimentais das duas amostragens (BJJ e Boxe)

Para a classificação da Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) foi aplicada a escala adaptada de Borg (2000). Esta escala foi desenvolvida com o objetivo de classificar a intensidade dos exercícios e a carga interna da sessão treinamento realizada. Ela possui caracterizações verbais, divididas em 10 categorias (de 0 a 10) que são classificados como: nenhuma, muito muito leve, muito leve, leve, moderada, pouca intensa, intensa, muito intensa, muito muito intensa e máxima. Na primeira visita de cada um dos participantes de ambos os estudos (BJJ e Boxe) houve uma explicação sobre a escala. A PSE foi coletada ao final dos testes de *Task Failure* nos atletas de BJJ e ao final de cada avaliação pós *rounds* com *Boxers*. A adaptação da escala com a utilização de cores para facilitar a interpretação dos participantes do estudo pode ser observada no Anexo D.

6.1.4- Procedimentos experimentais do estudo com atletas de BJJ

As forças de preensão manual foram medidas por meio de dois transdutores de força (*Vernier Go Direct® Hand Dynamometer*, Estados Unidos da América), um em cada mão, conectados a um *software* (*LoggerPro*® versão 13.1, Estados Unidos da América). Os participantes foram orientados a posicionar os braços em 90˚ de flexão do cotovelo e com o antebraço em posição neutra. Os sujeitos foram posicionados de frente para uma tela projetada com 20 polegadas localizada a 1 m de distância no nível dos olhos. O monitor foi usado para mostrar as forças de preensão manual e todos os sujeitos afirmaram que podiam ver claramente a tela. Em um primeiro momento, os participantes realizavam o MVC teste, e após 3 minutos realizavam o *Task Failure* com uma carga correspondente a 60% do valor encontrado no MVC.

6.1.5- Tarefa MVC para atletas de BJJ

Os participantes foram instruídos a aumentar a força da linha de base ao máximo e manter a força máxima por cerca de 3 segundos (contados pelo pesquisador). Três dessas gravações foram feitas. A força de contração voluntária máxima (MVC) foi quantificada como a força média ao longo de 3 segundos (parte constante) da tentativa mais alta.

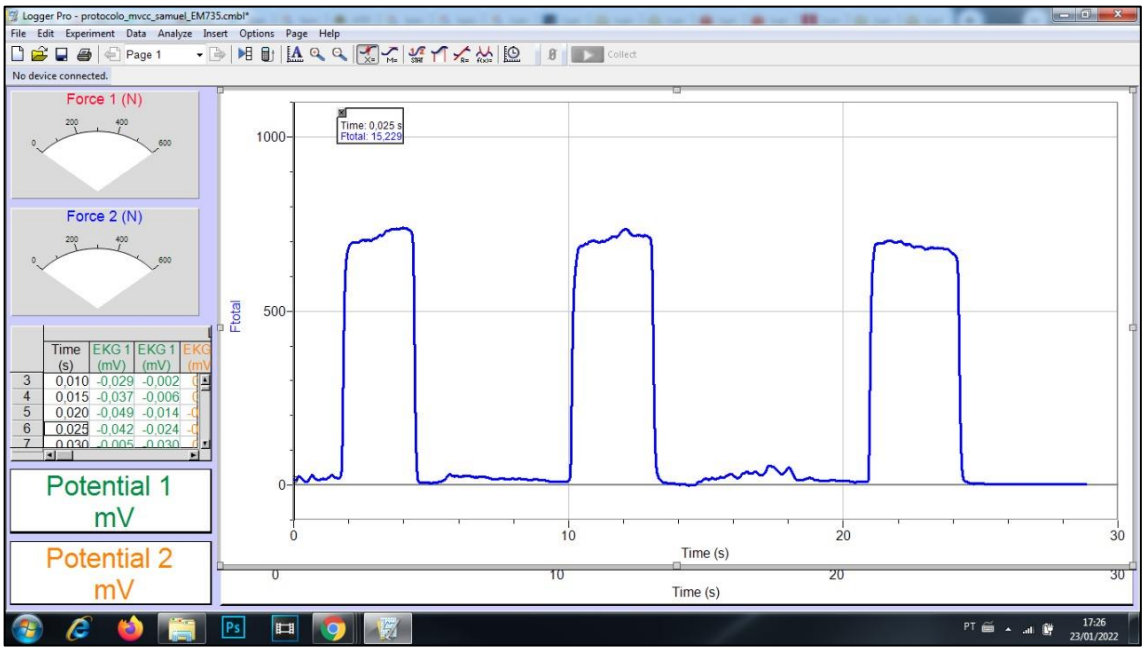


Figura 11 - Ilustração do Teste de MVC

6.1.6- *Task Failure* para atletas de BJJ

Os indivíduos foram instruídos a corresponder com precisão a uma força alvo em 60% de sua força isométrica máxima de preensão manual (MVC). Os sujeitos foram instruídos a empurrar gradualmente contra um transdutor de força e aumentar sua força para corresponder à força alvo em 3-4 segundos. Quando o alvo foi alcançado, os sujeitos foram instruídos a manter sua força no alvo da forma mais precisa e consistente possível até a falha muscular. A falha foi definida quando o participante foi incapaz de sustentar a força por mais de 3 segundos.

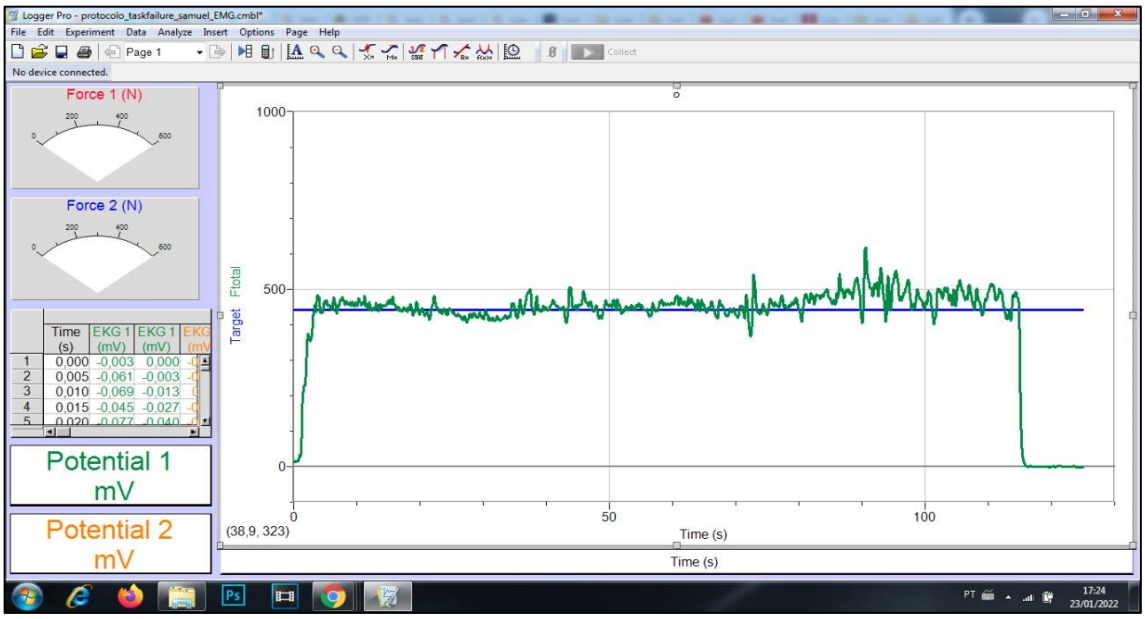


Figura 12- Ilustração do *Task Failure*

6.2.4- Procedimentos experimentais no estudo com atletas de Boxe

As forças dos socos foram analisadas através de um acelerômetro *wireless* embutido no saco de pancada e conectado a um *software* Vernier (Modelo) em um computador. Os atletas de Boxe inicialmente realizaram um aquecimento por 5 minutos (sombra com movimentos livres), após 1 minuto foram instruídos a iniciarem os testes realizando golpes específicos (descritos em 6.2.6) com a maior aplicação de velocidade (número de golpes) e força possível por durante o período de 3 minutos interruptos, após eles recebiam a estimulação anódica ou *sham* (dependendo da randomização). Logo após a estimulação/placebo, os atletas realizaram três *rounds* de 3 minutos executando os mesmos movimentos descritos em 6.2.6, com intervalos de 1 minuto entre cada um dos *rounds*. A PSE foi mensurada ao final de cada *round*. Para a mensuração do volume de golpes (número) foi colocada uma câmera (modelo) à 3 metros de distância do saco de boxe que registrou todos os movimentos para análise posterior.

6.2.5- Método de medição do soco aplicado a um saco de pancadas com um acelerômetro embutido para atletas de Boxe

Um acelerômetro triaxial (*Vernier Go Direct® Hand Accelerometer*, Estados Unidos da América) *wireless* foi embutido em um saco de pancada de 120 centímetros de comprimento, à uma altura de 45 cm da linha de base do saco de pancadas, que tinha um peso aproximado de 50kg. O acelerômetro foi conectado à um *software Vernier Graphical Analysis* instalado em um computador (*notebook*) que ficou posicionado a 3 metros de distância do saco. O posicionamento descrito assim como o saco de pancada com o acelerômetro embutido pode ser observado na figura 13 a seguir.

Figura 13- Saco de pancada com acelerômetro

Figura 14- *Vernier Go Direct® Hand Accelerometer*

6.2.6- Sequência de golpes executados para a avaliação e intensidade dos *rounds* simulados para os atletas de Boxe

Durante os *rounds* simulados, os atletas foram orientados a realizarem uma sequência de socos na seguinte ordem: *Jab* (soco com a mão da frente da guarda), direto (soco com a mão de trás da guarda), cruzado com a mão não dominante (ou da frente da guarda) e cruzado com a mão dominante (ou de trás da guarda). Ainda, os participantes foram orientados a realizarem os *rounds* no máximo de velocidade (número de golpes) e força possível.

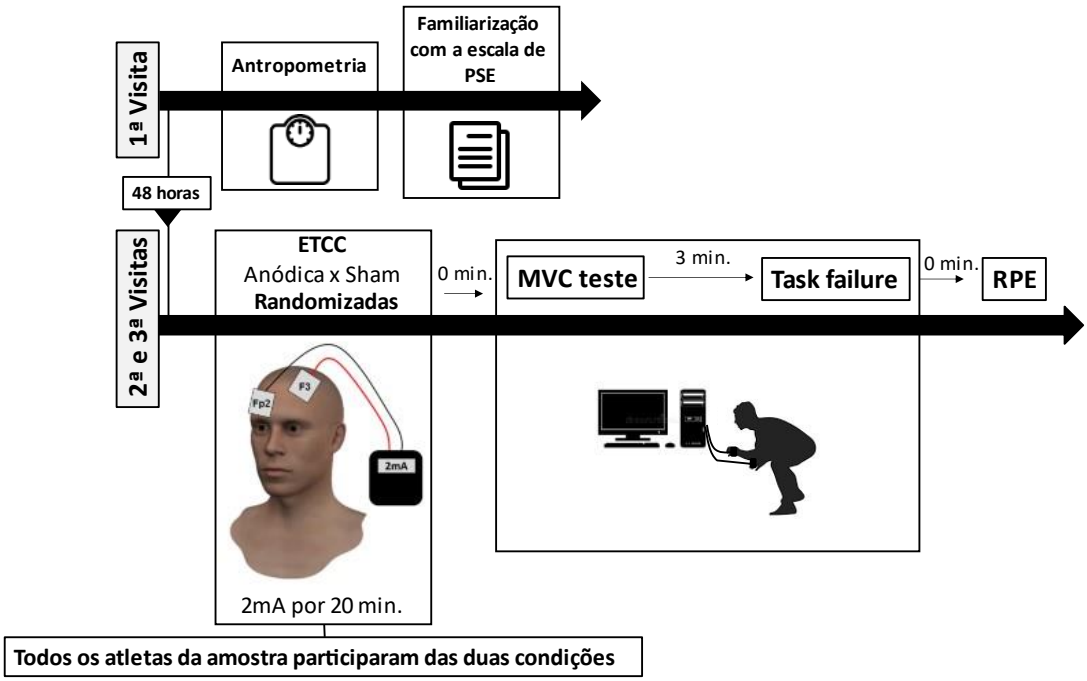
Figura 15 – *Jab* (soco com a mão da frente da guarda).

Figura 16 – Direto (soco com a mão de trás da guarda).

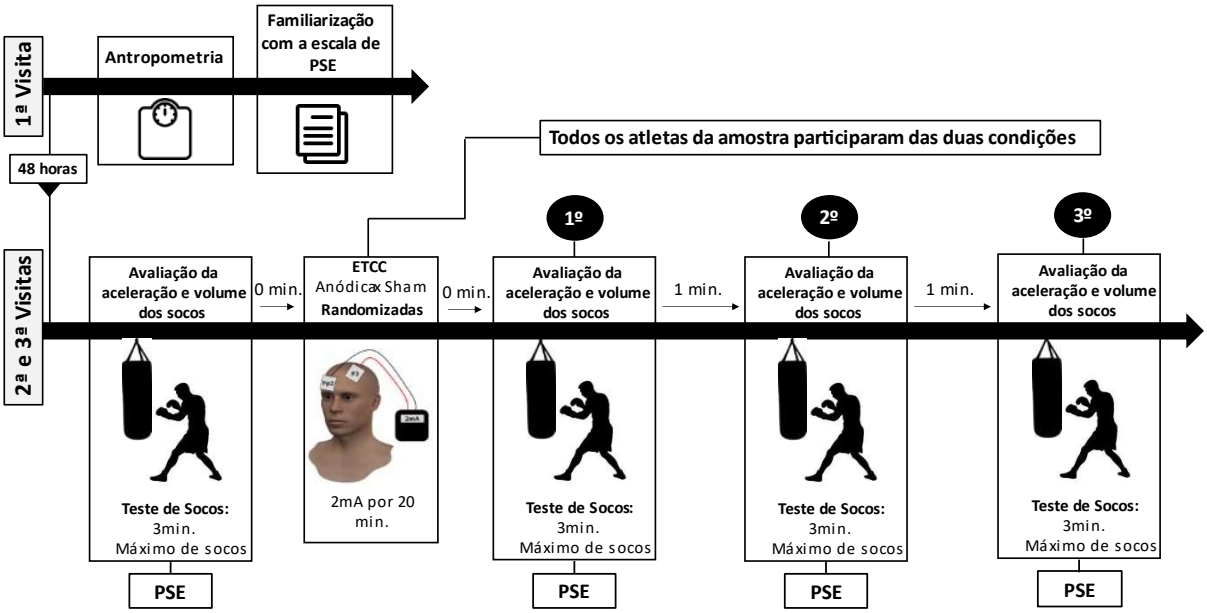
Figura 17- Cruzado com a mão não dominante (ou da frente da guarda).

Figura 18- Cruzado com a mão dominante (ou de trás da guarda).

6.1.8- Desenho experimental do estudo com atletas de BJJ.



6.2.8- Desenho experimental do estudo com atletas de Boxe



6.1.9- Análise estatística

As estatísticas descritivas do estudo com atletas de BJJ foram calculadas e os dados foram apresentados em média e valores mínimos e máximos para idade e variáveis antropométricas. A normalidade dos dados foi realizada por meio do teste de *Shapiro-Wilk*. Uma análise de teste t de *Student* pareada foi usada para comparar os resultados da tarefa MVC, *task failure* e PSE entre as condições experimentais (a-ETCC e *sham*). A estatística inferencial foi realizada no *GraphPad Prism* 5.0. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$.

Os dados do estudo com atletas boxe foram tabulados e as estatísticas descritivas foram apresentadas com dados de média, valores mínimos e máximo, calculadas para idade e variáveis antropométricas utilizando o pacote de dados da Microsoft Excel. Considerando a amostra pequena do estudo (N= 6), foi realizada uma estatística de inferência não paramétrica para medidas independentes através de um teste de Kruskal-Wallis para comparar as diferenças entre a força média, volume dos golpes e PSE durante os *rounds* e entre as condições anódica e *Sham*. A estatística inferencial e a confecção dos gráficos foram realizadas utilizando o *software GraphPad Prism* 5.0. O nível de significância adotado nas análises foi de $p \leq 0,05$.

7- RESULTADOS

7.1- Resultados dos testes nos atletas de BJJ

A amostra composta por 10 atletas de elite de *Brazilian* Jiu-Jitsu do sexo masculino da *Grappling Fight Team* (GFTeam, Rio de Janeiro, Brasil), com idades entre 18 e 35 anos (25,5 ± 5,7 anos; 77,1 ± 8,6 kg de massa e 175 ± 6,0 cm de estatura). Os dados antropométricos da amostra podem ser visualizados em valores médios, mínimos e máximos na tabela 1.

Tabela 1- Características antropométricas dos atletas de Jiu-Jítsu.

	Média	**Min.**	**Max.**
Idade (anos)	25,5	18	35
Peso (kg)	77,2	66	98
Estatura (m)	1,75	1,65	1,8
IMC (kg/m²)	25,3	21,7	34,7
Gordura corporal (%)	10,4	5	29,4

IMC = Índice de massa corporal; kg = kg; m = metros

Os dados referentes às informações sobre a graduação e categoria de luta dos atletas de Jiu-jítsu podem ser identificados na tabela 2 em valores percentuais.

Tabela 2- Graduação e categoria de peso dos atletas de Jiu-jítsu.

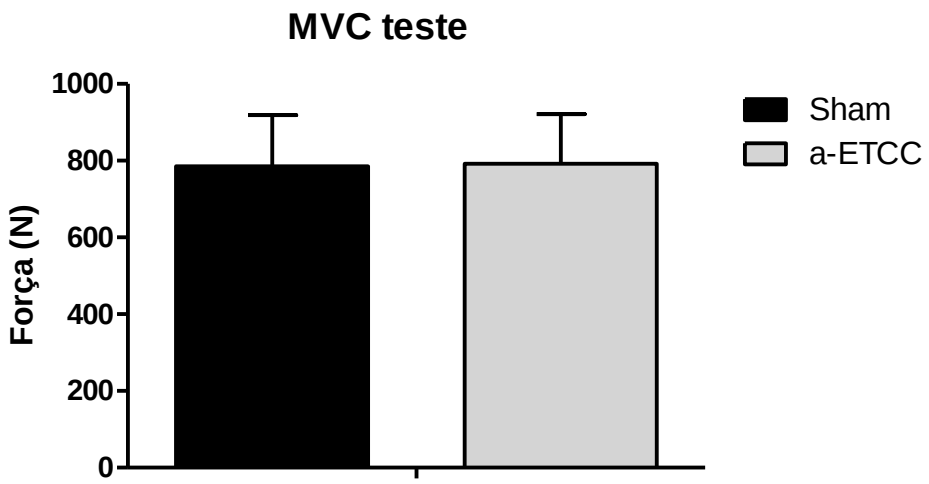
Graduação	**N**	**%**
Azul	3	30%
Roxa	3	30%
Marrom	2	20%
Preta	2	20%
Categoria	**N**	**%**
Pluma	1	10%
Pena	2	20%
Leve	4	40%

Médio	2	20%
Super pesado	1	10%

N= amostra; %= valor percentual

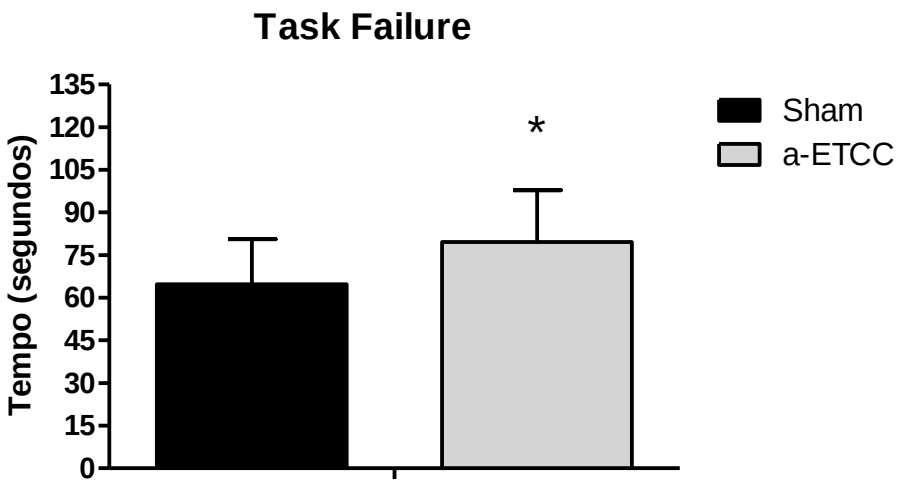
Durante a execução do teste de MVC, que retrata a força máxima, obtida através da média de 3 segundos durante o teste de preensão manual, não foi encontrada diferença significativa entre as condições a-ETCC (M = 792,4 ± 128,8) e *sham* (M = 785,4 ± 133,3) para MVC (t= −0,3813; p= 0,71), como pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Respostas na tarefa de MVC nas condições *Sham* e a-ETCC (CPFDL).



O *task failure* em condição a-ETCC (M= 79,6 ± 18,2 s) foi maior em relação à *sham* (M = 64,7 ± 15,9 s) (t= 4,422; p = 0,001) conforme foi apresentado no Gráfico 2 e na Tabela 3.

Gráfico 2 – Respostas no *task failure* nas condições *sham* e a-ETCC (CPFDL).



Legenda: *a-ETCC > *sham* (t = 4.422; p = 0.001)

Tabela 3- Dados de média e desvio padrão para a percepção subjetiva de esforço e *task failure*

Variáveis	***Sham* (M ± DP)**	**a-ETCC (M ± DP)**	**T**	**P**
PSE	7.9 ± 0.4	7.5 ± 0.8	1.809	0.10
Task failure (s)	64.7 ± 15.9	79.6 ± 18.2	4.422	0.001

Legenda: PSE = Percepção Subjetiva de Esforço; M = Média; DP = Desvio padrão; s = s.

7.2- Resultados dos testes nos atletas de Boxe

A amostra com atletas de Boxe foi composta por 6 atletas do sexo masculino, com idades entre 18 e 35 anos. Os dados antropométricos da amostra podem ser observados em valores médios, mínimos e máximos na tabela 4.

Tabela 4- Características antropométricas dos atletas de Boxe

	Média	**Min.**	**Max.**
Idade (anos)	27,5	21	35
Peso (kg)	88,6	65,7	128,8
Estatura (m)	1,80	1,66	1,88
IMC (kg/m²)	27,2	23,3	37,6

Gordura corporal (%)	12,5	5,0	28,2
Envergadura (m)	1,81	1,65	1,91

IMC = Índice de massa corporal; kg = kg; m = metros

Os dados referentes às informações sobre a categoria de luta dos atletas de Boxe foram descritos na tabela 5 em valores percentuais.

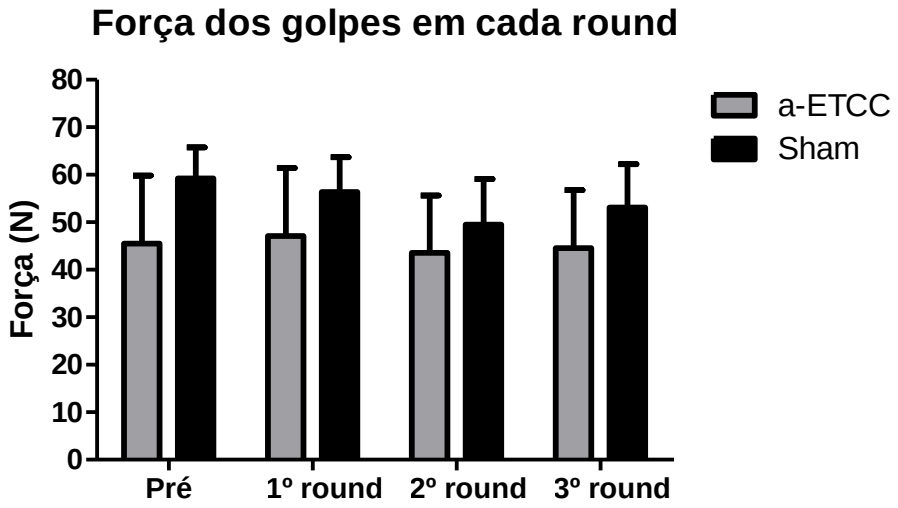
Tabela 5- Categoria de peso dos atletas de Boxe

Categoria	**N**	**%**
Leve	1	16,6
Médio	1	16,6
Supermédio	1	16,6
Cruzador	2	33,3
Pesado	1	16,6

N= amostra; %= valor percentual

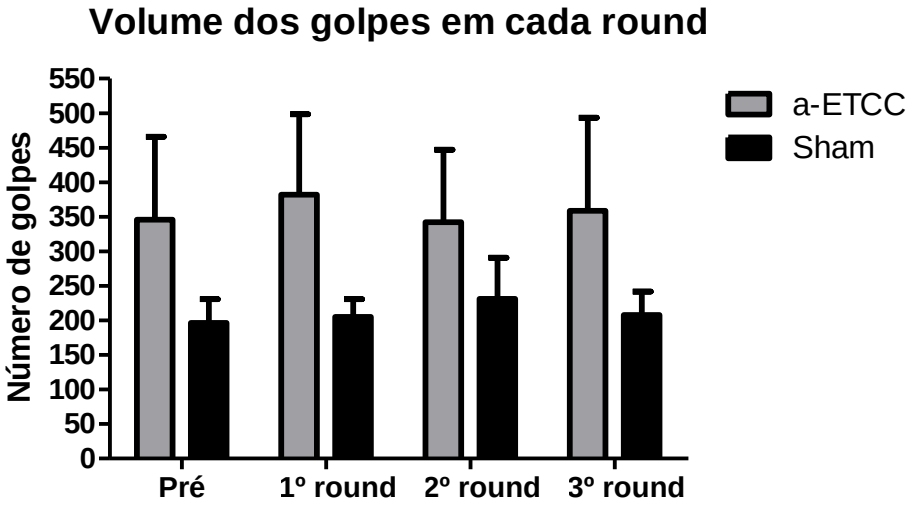
A força média resultante dos golpes aplicados pelos boxeadores foi avaliada no round pré estimulação nas condições *sham* (M= 59,2 ± 6,53 N) e anódica (M= 45,4 ± 14,37 N), no 1º round após as estimulações *sham* (M= 56,34 ± 7,37 N) e anódica (M= 47,1 ± 14,28 N), no 2º round, *sham* (M= 49,5 ± 9,62 N) e anódica (M= 43,5 ± 12,06 N) e no 3º round, *sham* (M= 49,5 ± 9,62 N) e anódica (M= 44,5 ± 12,23 N). Não foi possível encontrar diferenças significativas entre as condições (Kruskal-Wallis teste – P= 0,2123). Esses resultados podem ser observados no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Respostas da força média dos golpes em cada round nas condições *Sham* e a-ETCC (CPFDL).



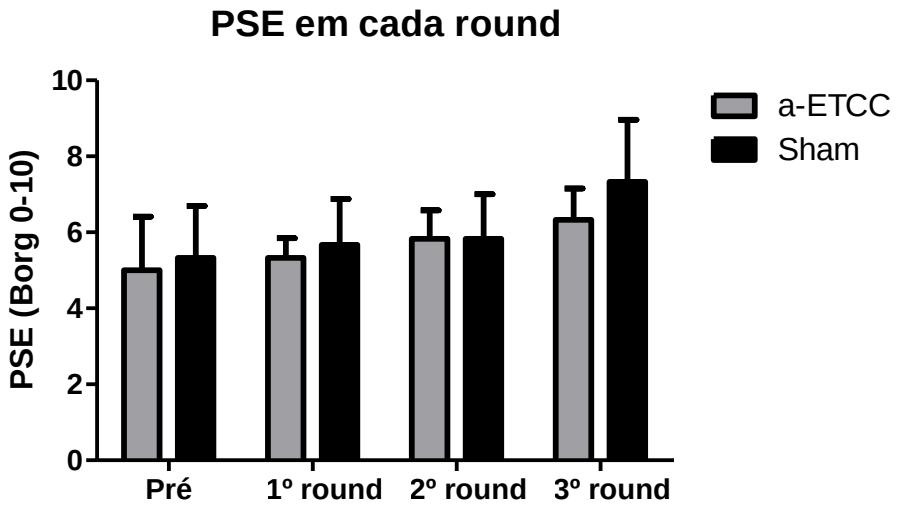
O volume de golpes aplicados pelos boxeadores foi avaliado no round pré estimulação nas condições *sham* (M= 196,3 ± 34,62) e anódica (M= 346,0 ± 120,05), no 1º round após as estimulações *sham* (M= 205,3 ± 25,53) e anódica (M= 382 ± 116,47), no 2º round, *sham* (M= 231,0 ± 59,86) e anódica (M= 342,0 ± 105,12) e no 3º round, *sham* (M= 207,8 ± 34,06) e anódica (M= 358,6 ± 134,95). Não foi possível encontrar diferenças significativas entre as condições (Kruskal-Wallis teste – P= 0,9189). Esses resultados podem ser observados no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Respostas do volume dos golpes em cada round nas condições *Sham* e a-ETCC (CPFDL).



A PSE relatada pelos boxeadores foi avaliada imediatamente após o round pré estimulação nas condições *sham* (M= 5,3 ± 1,37) e anódica (M= 5,0 ± 1,41), após o 1º round pós as estimulações *sham* (M= 5,67 ± 1,21) e anódica (M= 5,3 ± 0,52), no 2º round, *sham* (M= 5,8 ± 1,17) e anódica (M= 5,83 ± 0,75) e no 3º round, *sham* (M= 7,33 ± 1,63) e anódica (M= 6,33 ± 0,82). Não foi possível encontrar diferenças significativas entre as condições (Kruskal-Wallis teste – P= 0,0885). Esses resultados podem ser observados no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Respostas de PSE em cada round nas condições *Sham* e a-ETCC (CPFDL).



8- DISCUSSÃO

Os valores antropométricos com grande variação encontrados na amostragem de atletas de BJJ, podem ser explicados pelo fato de o jiu-jítsu ser um esporte de combate/arte marcial que em suas competições é dividido por faixa etária, gênero, mas também por categorias de peso. Segundo a IBJJF (2021) as categorias de peso para adultos e *masters* masculinos são: *rooster* (57.50 kg), *light feather* (64.00 kg), *feather* (70.00 kg), *light* (76.00 kg), *middle* (82.30 kg), *medium heavy* (88.30 kg), *heavy* (94.30 kg), *super heavy* (100.50 kg) e *ultra-heavy* (no *maximum weight*). Dos participantes do estudo 40% estão com o peso acima da categoria que relataram lutar, enquanto os outros 60% estão com o peso dentro da categoria citada, tal fato é dado, vista que atletas nessa modalidade costumam perder peso para o período competitivo.

O objetivo do estudo com a amostragem de atletas de BJJ foi verificar os efeitos agudos da a-ETCC sobre o desempenho da força de *handgrip* no MVC *task* (Força muscular), *Task failure* (Resistência muscular isométrica) e PSE. Os resultados demonstraram que a condição a-ETCC foi eficaz em aumentar a tolerância ao exercício isométrico de força no *task failure* a 60%, porém nenhuma alteração foi observada nos testes de MVC e na PSE.

Os resultados encontrados no teste de MVC que avaliou a força máxima produzida não demonstraram diferenças significativas com a aplicação da ETCC. Tal resultado pode ser explicado, pelo fato da área cerebral estimulada, além da amostragem específica ser composta por atletas de alto rendimento. Segundo Kan *et al.* (2013) a a-ETCC pode não afetar o desempenho da função muscular, dependendo da área de estimulação, por conta de um possível “efeito teto”, onde a estimulação não poderia melhorar mais essa função, uma vez que esta já se encontra na sua capacidade máxima. Isso pode sugerir que em determinadas populações, como atletas e talvez pessoas saudáveis e ativas a estimulação sob o CM diretamente poderia não ser a melhor estratégia, além disso, isso pode também ser uma das hipóteses para tentar explicar algumas controvérsias nos achados com ETCC. Considerando isso, a estimulação sob o CPFDL está mais associada com respostas às informações sensoriais enviadas para o CM, o que sugere uma maior resposta na tolerância do exercício, do que comparado um aumento de força máxima produzida, o que hipoteticamente poderia ser gerado pelo estímulo ao CM.

Os resultados encontrados durante o teste de *Task Failure*, que avaliou a resistência muscular isométrica dos atletas de BJJ, a a-ETCC apresentou melhora de 16s na média em comparação a condição *sham* (p= 0,001). Sobre os mecanismos que podem explicar a melhora significativa no desempenho desse teste, podemos sugerir segundo a literatura que a a-ETCC pode ter a possibilidade de gerar um maior recrutamento e um aumento na taxa de disparos das unidades motoras, em decorrência a um maior número de entradas sensoriais enviadas ao córtex sensório-motor e ao córtex motor (CAFARELLI *et al.,* 1979). Outra teoria seria a possibilidade da modulação dos sistemas inibidores de *feedback*, que limitam informações corticais para o sistema motor com a finalidade de proteção deste durante uma carga elevada de trabalho e, consequentemente, um risco aumentado a esse sistema (COGIAMANIAN *et al.,* 2007; NOAKES *et al.,* 2004). Ainda, não podemos deixar de citar que a sensação e percepção da dor podem estar associados com a fadiga muscular (GANDEVIA, 2001; NOAKES *et al.,* 2004), e a a-ETCC poderia reduzir a dor, retardando a fadiga durante uma contração voluntária sustentada e prolongada (FREGNI *et al.,* 2006), mesmo não tendo encontrado diferenças na PSE no presente estudo.

A área de aplicação da ETCC também pode auxiliar a explicar os resultados obtidos no *task failure*. Segundo Tanaka *et al.,* (2009) existe uma estreita ligação entre o CM e os córtex cingulado e insular, que são áreas responsáveis pelo esforço percebido e possivelmente podem ser responsáveis por levar ao retardo da fadiga muscular. Logo, o fato da a-ETCC conseguir atingir, por meio de conexões neurais existentes, áreas que desempenham um papel importante na fadiga central, pode sugerir adaptações agudas que sustentam a atividade e retardam a fadiga (TANAKA *et al.,* 2009). O córtex cingulado posterior e o córtex insular são o CPFDL direito (área de Brodmann 46), área estimulada neste estudo, que é responsável pela ativação das áreas da função motora sensorial, com a finalidade de compensar a fadiga central, contribuindo para a relação dos agonistas e antagonistas, estimulando a motivação e diminuindo a percepção de esforço (TANAKA *et al.,* 2009; COGGIAMANIAN *et al.,* 2007; LIU, YAO *et al.,* 2005).

No que se refere aos resultados obtidos no estudo de atletas de BJJ sobre a PSE, não foram encontradas diferenças significativas, diferente da hipótese inicial, porém estudos realizados com exercícios de força e aeróbios também divergem sobre

os resultados de PSE em seus achados (LATTARI *et al.,* 2018). Ainda, por ser um movimento específico, não podemos ter certeza de que a escala para a mensuração da PSE utilizada no presente estudo (BORG, 1998) pode ter tido uma sensibilidade para de fato avaliar essa variável. Parece que este, também foi um problema encontrado em alguns outros estudos que avaliaram a PSE (LATTARI *et al.,* 2018). Encontrar maneiras mais seguras para avaliar essa variável parece ser importante em estudos futuros com atletas de BJJ e ETCC.

Foi observado também uma grande variação antropométrica em relação aos atletas de boxe, esses resultados também podem ser explicados pelo fato de o boxe ser um esporte de combate que nas suas competições existe uma divisão por faixa etária, gênero e também por categoria de peso. Segundo a *World Boxe Council* (WBC) as categorias de peso para adultos masculinos são: Átomo (46,27 kg), Mini-mosca (47,63 kg), Mosca ligeiro (48,99 kg), Mosca (50,35 kg), Super mosca (51,71 kg), Galo (53,52 kg), Super galo (55,34 kg), Pena (57,15 kg), Super pena (58,57 kg), Leve (61,23 kg), Super leve (63,5 kg), Meio médio (66,68 kg), Super meio médio (69,65 kg), Médio (73,03 kg), Super médio (76,2 kg), Meio pesado (79,38 kg), Cruzador (90,72 kg) e Pesado (Ilimitado). Dentre os atletas de boxe 66,6% da amostragem do estudo se encontram com o peso corporal maior do que o limite da categoria que competem, enquanto 33,4% se encontram-se dentro da categoria de peso. Isso pode ser explicado pelo fato de os atletas perderem peso no período pré competitivo e que ainda, as pesagens ocorrem um dia antes da luta, o que possibilita os atletas a recuperação do peso, ou parte dele para o dia da luta.

O objetivo do estudo com a amostragem de atletas de Boxe foi verificar os efeitos agudos da a-ETCC sobre o desempenho da força média dos golpes aplicados durante cada um dos rounds, o volume total de golpes a cada round, além da PSE. Nenhuma diferença significativa foi encontrada nas variáveis analisadas.

Inicialmente o volume de golpes aplicados era um objeto de estudo como a força média dos socos durante os rounds, assim como em um estudo proposto por Mesquita *et al.* (2019), onde os autores avaliaram as respostas agudas da aplicação da a-ETCC na força e volume dos chutes em atletas de Taekwondo, em seus resultados, os pesquisadores encontraram uma redução do volume de golpes e uma maior PSE sob a aplicação da a-ETCC no CM (nos dois hemisférios). Os resultados foram explicados por Mesquita et al. (2019), considerando uma alta eficiência da área

motora (CM) em atletas, o que resultaria em uma excelente capacidade neural nessa população, onde, a aplicação de ETCC sob essa área, poderia promover alterações diferentes à do que quando comparadas com indivíduos iniciantes à práticas esportivas, em atletas a a-ETCC sob o CM pode provocar um ruído nesse sistema neural eficiente, resultando em uma diminuição de excitabilidade. Tais mecanismos são discutidos e corroborados por Furuya et al. (2014); Naito e Hirose (2014) e Del Percio et al. (2009). Considerando o CPFDL como local de aplicação no estudo com Boxers, o autor partiu da hipótese que a ETCC poderia influenciar positivamente essa variável (volume de golpes). Porém, é possível supor que mesmo que a orientação prévia aos testes, fosse para que os avaliados realizassem o máximo de volume de golpes e de força, pode ter ocorrido um efeito "*trade off*", onde os atletas de boxe em dias diferentes, podem ter escolhido estratégias diferentes para a execução do teste.

A força média de aplicação dos golpes encontrada no presente estudo nas condições *sham* e anódica não se diferenciaram significativamente, é possível que essa variável possa ter sofrido influência das diferentes estratégias adotadas pelos atletas de boxe em dias diferentes, que resultou na diferença unitária do volume de golpes já ao iniciar os testes. Podemos dizer que se não considerarmos a variável intervalo durante qualquer prática esportiva, o volume e intensidade possuem uma relação inversa, onde toda vez que um atleta aumentar um volume de golpes, dificilmente ele conseguirá manter a intensidade dos golpes (GOMES, 2009).

Durante os rounds nas condições de *sham* e anódica não foi possível encontrar diferenças significativas na PSE. Apesar desse resultado, podemos observar uma tendência à uma menor PSE após o último *round* para a condição anódica comparada a *sham* (*Sham*, M= 7,33 ± 1,63; anódica, M= 6,33 ± 0,82). Obviamente que mais uma vez, o volume deve ser levado em consideração para análise mais criteriosa dessa variável, porém nos atletas de Boxe, a escala utilizada (BORG, 1982), parece ter uma sensibilidade melhor do que quando aplicada nos atletas de BJJ. Isso pode ser explicado pelas demandas físicas/fisiológicas de cada luta (KENNEY, WILMORE, COSTILL, 2013). E também pela forma de validação da escala para analisar a sessão aguda de treino proposta por Foster (1998) que mais se aproximada das demandas energéticas desempenhadas por uma sessão de Boxe.

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo a investigar os efeitos da a-ETCC aplicada ao CPFDL no desempenho da força e resistência isométrica (tarefa

específica) em atletas de elite de BJJ e no desempenho da força e volume de golpes ao longo dos *rounds* em atletas de Boxe.

8.1 Limitações do estudo

O autor entende que o baixo número da amostragem de atletas de BJJ e principalmente dos atletas de Boxe merecem ser destacados e incluídos como limitação. A impossibilidade de delimitar os estudos pelas graduações (nos atletas de BJJ) e por categorias de pesos (nos atletas de BJJ e Boxe), também merecem serem incluídos nas limitações do presente estudo. Nos testes com atletas de boxe, o controle do volume, que inicialmente era objeto de estudo sobre as possíveis influências da ETCC nesta variável, pode ter sido uma limitação, e que com controle desta variável, talvez seja possível encontrar resultados mais concretos referente as forças dos golpes aplicados pelos atletas.

9- CONCLUSÕES

A aplicação da ETCC nos atletas de BJJ em nenhuma condição (*sham* e anódica) promoveu melhora no desempenho da força isométrica durante o teste MVC. A ETCC anódica promoveu melhora no desempenho da resistência muscular, aumentando a tolerância ao exercício isométrico realizado em um dinamômetro de preensão manual com carga em 60% do máximo, mostrando algum efeito ergogênico em exercícios com características isométricas realizadas por pequenos grupos musculares em atletas BJJ. Também não foi encontrada diferença entre as condições (*sham* e anódica) nas respostas de PSE com a escala utilizada para os testes propostos.

A aplicação da ETCC (*sham* e anódica) em atletas de Boxe não promoveu melhora em nenhum dos componentes de desempenho analisados, como a força média e volume dos golpes. Também não houve nenhuma influência nas respostas de PSE com a aplicação da ETCC com a escala utilizada para os testes propostos.

Pesquisas futuras que considerem principalmente aplicações práticas e que busquem controlar as limitações deste estudo, assim como a aplicação da estimulação em diferentes áreas corticais, diferentes dosagens e com análises que investiguem os possíveis mecanismos da ETCC merecem ser incentivados.

REFERÊNCIAS

ANDREATO L.V., JULIO U.F., GONÇALVES PANISSA V.L., ESTEVES J.V.D.C., HARDT F., MORAES S.M.F., SOUZA C.O., FRANCHINI E., Brazilian jiu-jitsu simulated competition Part II: physical performance, time-motion, technical-tactical analyses, and perceptual responses. **Journal Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 2015–25, 2015.

BESTMANN, S.; KRAKAUER, J. W. The uses and interpretations of the motor-evoked potential for understanding behaviour. **Experimental Brain Research**, v. 233, p. 679-689, 2015.

BIKSON, M. *et al*. Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016. **Brain Stimulation,** v. 9, n. 5, p. 641-661, 2016.

BINDMAN, L. J.; LIPPOLD, O. C. J.; REDFEARN, J. W. T. The action of brief polarizing currents on the cerebral cortex of the rat (1) during current flow and (2) in the production of long-lasting after-effects. **The Journal of Physiology**, v. 172, n. 3, p. 369–382, 1964.

BRUNONI, A. R. Princípios e práticas do uso da neuromodulação não invasiva em psiquiatria. Porto Alegre. **Artmed**. 2017.

BUTLER, A. J. *et al.* A meta-analysis of the efficacy of anodal transcranial direct current stimulation for upper limb motor recovery in stroke survivors. **Journal of HandTherapy**, v. 26, n. 2, p. 162-170, apr-jun. 2012. Doi: 10.1016/j.jht.2012.07.002.

BOGGIO, P. S. **Efeitos da Estimulação Transcraniana por corrente continua sobre memoria operacional e controle motor**. (s.l.] Universidade de São Paulo., 2006.

CARTER, MATT, SHIEF, J. **Research Techniques in Neuroscience**. 2ª edition ed. (s.l: s.n.], 2015.

CAFARELI, E. & BIGLAND-RITCHIE, B. Sensation of static force in muscles of different length. **Experimental neurology**. V. 65, p. 511-525, 1979.

COGIAMANIAN, F., MARCEGLIA, S., ARDOLINO, G., BARBIERI, S., & PRIORI, A. Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas. **The European Journal of Neuroscience**, v. 26, n. 1, p. 242–249, 2007. https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2007. 05633.x

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, n. 4, p. 482-491, 2010.

FRANCHINI E., TAKITO M.Y., BERTUZZI R.C.M., Morphological, physiological and technical variables in high-level college judoists. **Archives of Budo**, v. 1, p. 1–7, 2005.

FREGNI, F.; PASCUAL-LEONE, A. Technology Insight: Noninvasive brain stimulation in neurology - Perspectives on the therapeutic potential of rTMS and tDCS. **Nature Clinical Practice Neurology**, v. 3, n. 7, p. 383–393, 2007.

FURUYA, S.; KLAUS, M.; NITSCHE, M. A.; PAULUS, W.; ALTENMULLER, E. Ceiling effects prevent further improvement of transcranial stimulation in skilled musicians. The Journal of Neuroscience, v. 34, p. 13834-13839, 2014.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological reviews,** v. 81, p. 1725-1789, 2001.

GANDIGA, P. C.; HUMMEL, F. C.; COHEN, L. G. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): a tool for double-blind *sham*-controlled clinical studies in brain stimulation. **Clinical Neurophysiology**, Ireland, v. 117, p. 845–850, jan. 2006. DOI: 10.1016/j.clinph.2005.12.003.

GIORDANO J, BIKSON M, KAPPENMAN ES, CLARK VP, COSLETT HB, HAMBLIN MR, HAMILTON R, JANKORD R, KOZUMBO WJ, MCKINLEY RA, NITSCHE MA, REILLY JP, RICHARDSON J, WURZMAN R, CALABRESE E. Mechanisms and Effects of Transcranial Direct Current Stimulation. **Dose Response,** v. 9, n. 15(1), e.1559325816685467, feb. 2017.

HALL, J. E.; ARTHUR C. GUYTON. **Tratado de Fisiologia Médica**. 12ª edição ed. São Paulo: (s.n.], 2011.

HENDY, A. M.; 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, n. 10, p. 3243-3252, oct. 2014. Doi: 10.1007/s00221-014-4016-8.

HENDY, A. M. *et al*. Concurrent transcranial direct current stimulation and progressive resistance training in Parkinson's disease: study protocol for a randomised controlled trial. **Trials,** v. 17, 2016 Doi: 10.1186/s13063-016-1461-7.

HORVATH, J. C.; FORTE, J. D.; CARTER, O. Evidence that transcranial direct current stimulation (tDCS) generates little-to-no reliable neurophysiologic effect beyond MEP amplitude modulation in healthy human subjects: A systematic review. **Neuropsychologia**, p. 213-236, nov. 2014.

KENNEY, W. L.; WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do exercício e do esporte**. 5. ed. São Paulo: Manole, 2013.

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, n. 7, p. 734–739, 2013. https://doi.org/10.1139/ apnm-2012-0412

KIM, S. *et al*. tDCS-induced alterations in GABA concentration within primary motor cortex predict motor learning and motor memory: A 7 T magnetic resonance spectroscopy study. **Neuroimage**, v. 99, p. 237-243, 2014.

KOBAYASHI, M.; PASCUAL-LEONE, A. Transcranial magnetic stimulation in neurology. **The Lancet Neurology**, v. 2, n. 3, mar. 2003.

KRAMES, Elliot S.; PECKHAM, P. Hunter; REZAI Ali; ABOELSAAD, Farag. Chapter 1 - What Is Neuromodulation?. Editor(s): Elliot S. Krames, P. Hunter Peckham, Ali R. Rezai, Neuromodulation, **Academic Pres**s, 2009, Pages 3-8.

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**, apr. 2017. Doi: 10.1519/JSC.0000000000001956.

LATTARI, E. *et al*. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation With Caffeine Intake on Muscular Strength and Perceived Extertion. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 5, p. 1237-1243, may. 2019. Doi: 10.1519/JSC.0000000000003123.

LATTARI, E.; OLIVEIRA, B. S.; OLIVEIRA, B. R. R.; PEDREIRO, R. C. M.; MACHADO, S. MARANHÃO-NETO, G. A. Effects of transcranial direct current stimulation on time limit and ratings of perceived exertion in physically active women. **Neuroscience Letters**. v. 622, p. 12-16, 2018.

LENT, R. Cem bilhões de Neurônios? Conceitos fundamentais de neurociência. 2. ed. São Paulo: **Atheneu**. 2010.

LIMA P.O., LIMA A.A., COELHO A.C., LIMA Y.L., ALMEIDA G.P., BEZERRA M.A., DE OLIVEIRA R.R., Biomechanical differences in brazilian jiu-jitsu athletes: the role of combat style. **International Journal of Sports Physical Therapy,** v. 12, n. 1, p. 67-74, 2017.

LIU, J. Z., SHAN, Z. Y., ZHANG, L. D., SAHGAL, V., BROWN R. W., YUE, G. H. Human brain activation during sustained and intermittent submaximal fatigue muscle contractions: an FMRI study. **Journal of neurophysiology.** v. 90, n. 1, p. 300–12, 2003. https://doi.org/10.1152/jn.00821.2002

MESQUITA, P. H. C.; LAGE, G. M.; FRANCHINI, E.; ROMANO-SILVA, M. A.; ALBUQUERQUE, M. R. Bi-hemispheric anodal transcranial direct current stimulation worsens taekwondo-related performance. **Human Moviment Science**. v. 66, p. 578-586, 2019.

MOLLER G.B., CENSI M.T., GOULART M.J.V.D.C., NUNES R.B., SCHNEIDER C.D., Effect of carbohydrate supplementation on strength parameters during a Brazilian Jiu-Jitsu simulated tournament. **Sport Science for Health**, v. 16**,** p. 561–569, 2020.

NATIO, E. & HIROSE, S. Efficient foot motor control by Neymar's brain**. Frontiers in Human Neuroscience**, **v. 8, p. 1-7, 2014**

NELSON, ROGER M., HAYES, KAREN W., CURRIER, D. P. **Eletroterapia Clínica**. 12ª Edição ed. São Paulo: (s.n.], 2012.

NITSCHE, M. A. *et al.* Transcranial direct current stimulation: state of the art 2008. **Journal of Physiology,** v**.** 1, n. 3, p. 206-223, jul. 2008. Doi:10.1016/j.brs.2008.06.004.

NITSCHE, M. A. et al. Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. **Journal of Physiology**, v. 553, n. 1, p. 293–301, 2003a.

NITSCHE, M. A. *et al*. Modulation of cortical excitability by transcranial direct current stimulation. **Nervenarzt**, v. 73, n. 4, p. 332-335, 2002.

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

NITSCHE, M. A.; PAULUS, W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. **Neurology**, v. 57, n. 10, p. 1899-1901, 2001. Doi: 10.1212/wnl.57.10.1899.

NOAKES, T. D., ST CLAIR GIBSON, A., & LAMBERT, E. V. From catastrophe to complexity: A novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans. **British Journal Sports Medicine,** v. 38, p. 511–514, 2004.

PARKIN, B. L.; EKHTIARI, H.; WALSH, V. F. Non-invasive Human Brain Stimulationin Cognitive Neuroscience: A Primer. **Neuron**, v. 87, n. 5, p.932-945, sep. 2015.

PASSIONE, R. **Italian psychiatry in an international context: Ugo Cerletti and the case of electroshock**. (s.l: s.n.]. v. 15, 2004.

POREISZ, C.; BOROS, K.; ANTAL, A.; PAULUS, W. Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. **Brain Research Bulletin**. v. 72, n. 4/6, p. 208-214, 2007. Doi:10.1016/j.brainresbull.2007.01.004.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício**: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 8. ed. São Paulo: Manole, 2014.

PRIORI, A. et al. **Polarization of the human motor cortex through the scalpNeuroReport**, 1998.

RAMACHANDRAN, V.S.; HIRSTEIN, W. The perception of phantom limbs: The D. O. Hebb lecture. **Brain**, n. 21, p.1603-1630, 1998.

RAMACHANDRAN, V.S. Phantom limbs, neglect syndromes, repressed memories, and Freudian psychology. **International Review of Neurobiology**, v.37, p.291-332, 1994.

RAMACHANDRAN, V.S.; BLACKSLEE, S. Fantasmas no cérebro: uma investigação dos mistérios da mente humana. Rio de Janeiro: **Record**, 2004.

SAKAS, D.E., PANOURIAS, I.G., SIMPSON, B.A. AND KRAMES, E.S. (2007) An introduction to operative neuromodulation and functional neuroprosthetics, the new frontiers of clinical neuroscience and biotechnology. In: D.E. Sakas, B.A. Simpson and E.S. Krames (eds), **Operative Neuromodulation**, Vol. 1. Vienna: Springer Verlag, pp. 3–10.

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

TANAKA, S.; HANAKAWA, T., HONDA M., & WATANABE, K. Enhancement of pinch force in the lowerleg by anodal transcranial direct current stimulation. **Experimental brain research**. v. 196, p. 459-465, 2009.

UTZ, K. S. *et al*. Electrified minds: transcranial direct current stimulation (tDCS) and galvanic vestibular stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology a review of current data and future implications. **Neuropsychologia**, v. 48, p. 10, p. 2789 -2810, jun. 2010. Doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.06.002.

VARGAS, V. Z. *et al*. Modulation of isometric quadriceps strength in soccer players with transcranial direct current stimulation: a crossover study. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 5, p. 1336-1341. May. 2018. Doi: 10.1519/JSC.0000000000001985.

VIEIRA, Silvia; FREITAS, Armando. O que é Boxe – História, Regras e Curiosidades. Rio de Janeiro, **COB**, 2007, 71 págs.

VITOR-COSTA, M. *et al*. A estimulação transcraniana por corrente contínua como recurso ergogênico: uma nova perspectiva no meio esportivo. **Revista de Educação Física**, v. 23, n. 2, p. 167-174, 2012. Doi: 10.4025/reveducfis.v23i2.10670.

WAGNER T, FREGNI F, FECTEAU S, GRODZINSKY A, ZAHN M, PASCUAL-LEONE A. Transcranial direct current stimulation: a computer-based human model study. **Neuroimage**, v.15, n. 35 (3), p. 1113-24, apr. 2007.

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, dec. 2013. Doi: 10.1371/journal.pone.0081418.

ANEXO A

PARECER COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI/ INSTITUTO SUPERIOR DE COMUNICAÇÃO PUBLICITÁRIA - ISCP / SP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DO TREINAMENTO DE MODALIDADES MISTAS ASSOCIADO A ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO DESEMPENHO FÍSICO E MOTOR DE ATLETAS, ADULTOS SAUDÁVEIS E IDOSOS COM E SEM A DOENÇA DE PARKINSON

Pesquisador: Rodrigo Cunha de Mello Pedreiro

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 24205419.8.0000.5492

Instituição Proponente: ISCP - SOCIEDADE EDUCACIONAL LTDA.

Patrocinador Principal: ISCP - SOCIEDADE EDUCACIONAL LTDA.

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.903.038

Apresentação do Projeto:

O exercício físico se mostra eficiente para melhorar a capacidade funcional, força e aptidão cardiorrespiratória de diferentes populações, desde atletas a idosos com algum comprometimento motor como a doença de Parkinson, com isso o treinamento de modalidades mistas (MMT) vem demostrando inúmeros benefícios para um desenvolvimento multifatorial. Em conjunto ao exercício, diversas estratégias são utilizadas com o objetivo de potencializar os seus resultados, e recentemente a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) parece se mostrar como uma importante aliada. O objetivo do projeto é avaliar as respostas físicas, motoras e funcionais de maneira aguda e crônica (8 semanas) do MMT com e sem a associação da ETCC em diferentes populações, atletas, adultos saudáveis e idosos com e sem a doença de Parkinson. Para tal, serão utilizados testes de força, de aptidão cardiorespiratória, flexibilidade e capacidade funcional.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar as respostas físicas, motoras e funcionais de maneira aguda e crônica (8 semanas) do

Endereço: Rua Dr. Almeida Lima, 1.134 - 2º andar - sala 207
Bairro: Mooca **CEP:** 03.164-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2799-4658 **E-mail:** cep@anhembi.br

treinamento de modalidades mistas (MMT) com e sem
a associação da ETCC em diferentes populações, atletas, adultos saudáveis e idosos com e sem a doença de Parkinson.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os protocolos de treinamento podem trazer riscos como desconforto ocasionado pelo próprio exercício físico.

Benefícios:

Esclarecimentos quanto a melhores formas de treinamento, quanto a aplicação da ETCC, podem trazer melhores condições de vida para idosos com
e sem Parkinson, além de melhorar também o rendimento físico de adultos e atletas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

É um projeto com condições de realização, claramente definido em termos metodológicos e logísticos, caracterizando exequibilidade na proposta.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Estão adequados e contemplam as exigências da resolução 466/12.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

1. Apresentar relatório parcial da pesquisa, semestralmente, a contar do início da mesma.
2. Apresentar relatório final da pesquisa até 30 dias após o término da mesma.
3. O CEP UAM deverá ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.
4. Quaisquer documentações encaminhadas ao CEP UAM deverão conter junto uma Carta de Encaminhamento, em que conste o objetivo e justificativa do que esteja sendo apresentado.
5. Caso a pesquisa seja suspensa ou encerrada antes do previsto, o CEP UAM deverá ser

comunicado, estando os motivos expressos no relatório final a ser apresentado.

6. O TCLE deverá ser obtido em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o sujeito de pesquisa.

7. Em conformidade com a Carta Circular nº. 003/2011CONEP/CNS, faz-se obrigatório a rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1434342.pdf	10/12/2019 16:47:33		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle.docx	10/12/2019 16:46:56	Rodrigo Cunha de Mello Pedreiro	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	22/10/2019 16:44:59	Rodrigo Cunha de Mello Pedreiro	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	22/10/2019 16:43:56	Rodrigo Cunha de Mello Pedreiro	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

SAO PAULO, 06 de Março de 2020

Assinado por:
CARLOS ROCHA OLIVEIRA
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Dr. Almeida Lima, 1.134 - 2º andar - sala 207
Bairro: Mooca **CEP:** 03.164-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2790-4658 **E-mail:** cep@anhembi.br

ANEXO B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

OBRIGATÓRIO PARA PESQUISAS CIENTÍFICAS EM SERES HUMANOS

Prezado voluntário,

Você está sendo **CONVIDADO** a participar de uma pesquisa, onde pode se manifestar, de forma autônoma, consciente, livre e esclarecida (Resolução CNS nº 466 de 2012, item IV). Neste termo consta todos os procedimentos que serão adotados e todos direitos reservado a você.

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

Nome:
.....

Sexo: Masculino ( ) Feminino ( ) Data Nascimento: ...../...../.....

Endereço:.....

Bairro:.....Cidade:.....

Telefone:(.....).....Email:.....

Título do Protocolo de Pesquisa: EFEITOS AGUDOS DA APLICAÇÃO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO DESEMPENHO NEUROMUSCULAR DE ATLETAS DE LUTAS.

Subárea de Investigação: Área de Educação Física

Pesquisador responsável:

Nome: Rodrigo Cunha de Mello Pedreiro

Instituição: Universidade Anhembi Morumbi

Endereço: Estrada Dr. Altino Bondesan, nº 500 – Distrito de Eugênio de Melo - CITÉ – Parque Tecnológico de São José dos Campos – SP

CEP: 12247-016; Tel.: +55 (12) 3945.1359

Email: rodrigocmp1@gmail.com

Avaliação do risco da pesquisa:

(X) Risco Mínimo ( ) Risco Médio ( ) Risco Baixo ( ) Risco Maior

Objetivos e Justificativa: Avaliar as respostas físicas, motoras e funcionais de maneira aguda com e sem a associação da ETCC em atletas de lutas.

Em conjunto com diversos tipos de treinamentos, algumas técnicas de estimulação têm sido desenvolvidas para tentar otimizar uma maior resistência muscular e gerar menor percepção subjetiva de esforço frente a contrações musculares fatigantes, podendo melhorar desde a autonomia de idosos com comprometimentos motores até desempenho de atletas. Dentre essas diversas técnicas, a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), tem recebido grande interesse de diversos estudos. Porém, questões relacionadas sobre a eficiência de seus efeitos principalmente em caráter crônico não são bem esclarecidos em diferentes populações.

Procedimentos: Serão realizados os seguintes testes: Antropometria (peso, estatura, perímetros corporais e composição corporal), testes de força dinâmica (com cela de carga, acelerômetros e repetições máximas) e isométrica, eletromiografia, testes cardiorrespiratórios e de flexibilidade, como tratamento (protocolos) será aplicada a ETCC. A aplicação de ETCC será administrada em 2.0 mA, durante 20 minutos, de maneira NÃO invasiva, tais recomendações são confiáveis e suportadas pela literatura. Todos testes serão realizados em três situações, antes do início do protocolo de treinamento (agudo), após quatro semanas de treinamento e ao final das oito semanas.

Riscos e inconveniências: Por se tratar de um exercício físico, o treinamento proposto pode trazer desconfortos como: o cansaço físico e sudorese, além das alterações fisiológicas durante a prática de um exercício físico.

Potenciais benefícios: Promover conhecimento acerca do desempenho de atletas, melhorando o entendimento e a segurança dos protocolos de ETCC.

Informações Adicionais: Não Houve

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – da Universidade Anhembi Morumbi, em horário comercial pelo e-mail cep@anhmebi.br ou pelo telefone 55 (11) 3847.3033. O CEP-UAM atende em seus horários das 10:00 horas às 15:00 horas, na Rua Caso do Ator, 294 – Vila Olímpia – CEP: 04546-001 – 7º andar.

Para esta pesquisa, não haverá nenhum custo do participante em qualquer fase do estudo. Do mesmo modo, não haverá compensação financeira relacionada à sua participação. Você terá total e plena liberdade para se recusar a participar bem como retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa.

O participante tem direito a tratamento na instituição, referente a pesquisa. A assistência deverá ser oferecida sem ônus de qualquer espécie ao participante da pesquisa, em todas as situações em que este dela necessite. O direito a assistência integral gratuita devido a danos diretos/ indiretos e imediatos/ tardios, pelo tempo que for necessário ao participante da pesquisa serão respeitados (Resolução CNS nº 466 de 2012, itens II.3.1 e II.3.2).

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo: "EFEITOS AGUDOS DA APLICAÇÃO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NO DESEMPENHO NEUROMUSCULAR DE ATLETAS DE LUTAS". Os propósitos desta pesquisa são claros. Do mesmo modo, estou ciente dos procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que a minha participação é isenta de despesas. Concordo voluntariamente na minha participação, sabendo que poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízos.

Este termo deverá ser assinado em 02 (duas) vias de igual teor, uma para o participante da pesquisa e outra para o responsável pela pesquisa. Ainda, todas as páginas deverão ser rubricadas pelo pesquisador responsável/pessoa por ele delegada e pelo participante/responsável legal (Resolução CNS nº 466 de 2012, item IV.5.d).

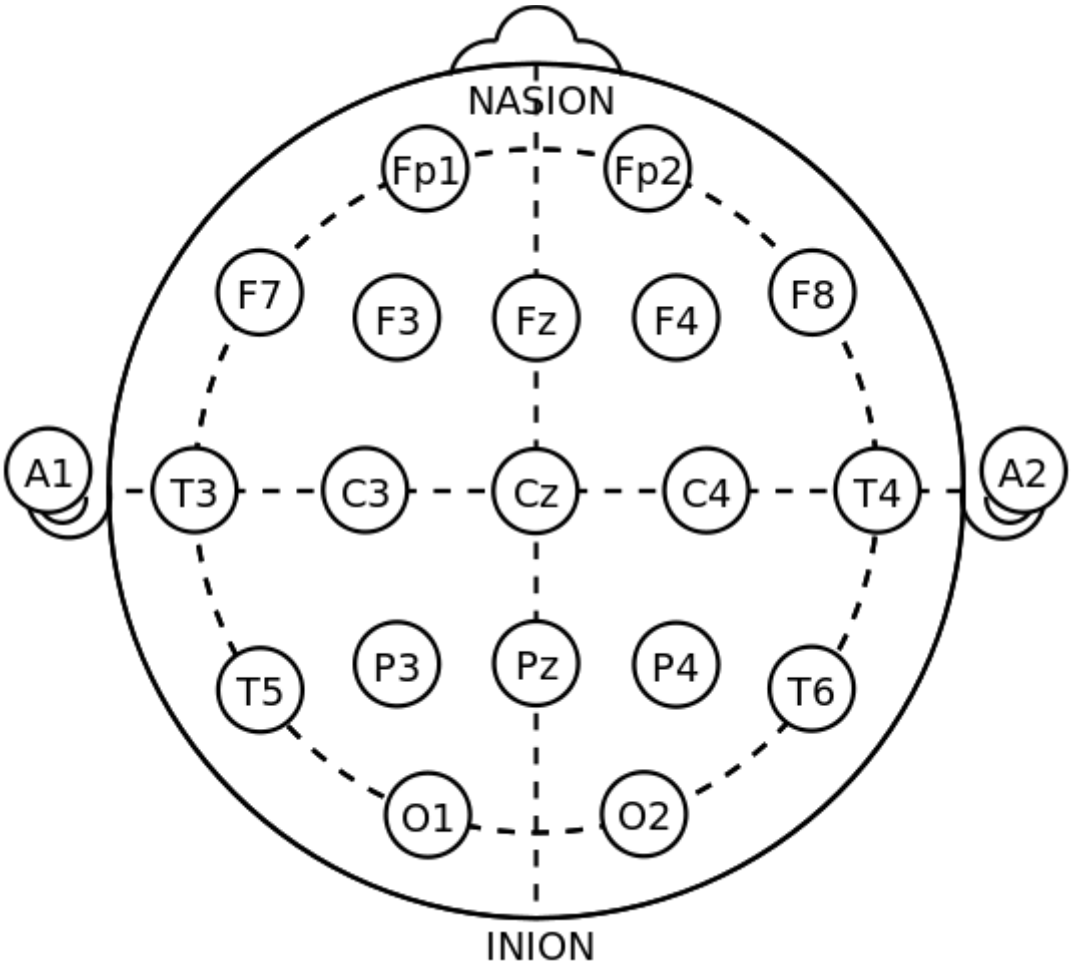
São José dos Campos/SP, _____ / _____ / _____

_____ _____

Assinatura do Participante da Pesquisa Assinatura do Responsável da Pesquisa

ANEXO C

SISTEMA 10-20 DO EEG USADO COMO REFERÊNCIA PARA POSICIONAMENTOS DOS ELETRODOS NA ETCC



ANEXO D

ADAPTAÇÃO DA ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DE BORG