



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE MEDICINA - CAMPUS SOBRAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

FRANCISCO DALTON ALVES DE OLIVEIRA

**RESPOSTAS AGUDAS DA IMPEDÂNCIA ELÉTRICA MIOGRÁFICA EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE FADIGA MUSCULAR.**

SOBRAL

2022

FRANCISCO DALTON ALVES DE OLIVEIRA

RESPOSTAS AGUDAS DA IMPEDÂNCIA ELÉTRICA MIOGRÁFICA EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE FADIGA MUSCULAR.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Ceará, área de concentração em Fisiologia do Exercício, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Valdevane Rocha Araújo.

Co-orientador: Prof. Dr. Renê de Caldas Honorato.

SOBRAL

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O1r OLIVEIRA, FRANCISCO DALTON ALVES.

Respostas Agudas da Impedância Elétrica Miográfica Em Diferentes Condições De Fadiga Muscular. / FRANCISCO DALTON ALVES OLIVEIRA. – 2022.
58 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Sobral, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Valdevane Rocha Araújo.

Coorientação: Prof. Dr. Reene Caldas Honorato .

1. Treinamento de Força. 2. Fadiga. 3. Impedância Elétrica Miográfica. I. Título.

CDD 660.6

FRANCISCO DALTON ALVES DE OLIVEIRA

RESPOSTAS AGUDAS DA IMPEDÂNCIA ELÉTRICA MIOGRÁFICA EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE FADIGA MUSCULAR.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Ceará, área de concentração em Fisiologia do Exercício, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em: 11/ 02 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Valdevane Rocha Araújo (Orientadora)
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Luiz Vieira da Silva Neto
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

Prof. Dr. Victor Macêdo Paes
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

À minha mãe, Maria Dos Anjos.
Ao meu eterno orientador, Alex Ferraz.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa.

À Profa. Dra. Valdevane Rocha Araújo e ao Prof. Dr. Renê de Caldas Honorato pela orientação.

À Taísa Menezes e Kássio Menezes pela contribuição durante todo o processo de coleta de dados.

E a todas as voluntárias que fizeram parte do experimento.

"Então, cerra os punhos, sorria, jamais volte para sua quebrada de mão e mente vazia" (EMICIDA, Levanta e Anda)

RESUMO

O estudo teve como objetivo comparar as respostas Impedância Elétrica Miográfica (EIM) em diferentes condições de fadiga muscular. Participaram do estudo 15 mulheres ($23,8 \pm 2,1$ de idade, $60,9 \pm 9,5$ kg, $163 \pm 0,07$ cm). Foram executadas 3 condições, Repetição Máxima (RM), Repetição Fixa (RF) e controle (CC). Antes e após as condições foram avaliados Salto Vertical com Contramovimento (SVC), Lactato sanguíneo (LAC) e EIM. Para a comparação entre as condições foi utilizado análise de variância de medidas repetidas (ANOVA), com nível de significância aceito foi $P < 0,05$. Para SVC apresentou reduções significativas apenas na condição de RM ($P < 0,001$). Para o LAC, ambas as condições tiveram um aumento significativo, porém o aumento da condição de RM foi superior ($P < 0,001$). A EIM apresentou reduções significativas em todos os parâmetros elétricos ao final de RM e RF. Não foram observadas diferenças entre RM e RF, mas foram observadas diferenças entre RM e CC, e RF e CC para Reatância e Ângulo de fase. Nossos dados mostraram que a EIM não foi capaz para identificar fadiga muscular em diferentes condições no treinamento de força.

Palavras-Chave: treinamento de força; fadiga; impedância elétrica miográfica.

ABSTRACT

The aim of this study was to compare Electrical Myographic Impedance (IEM) responses under different conditions of muscle fatigue. Fifteen women participated in the study (age 23.8 ± 2.1 , 60.9 ± 9.5 kg, 163 ± 0.07 cm). There were 3 conditions, RF Maximum Repetition (RM), and control (CC). Before and after the conditions were received Countermovement Vertical Jump (CVJ), Blood Lactate (LAC) and IEM. For a comparison between the conditions we used variance of analysis measures (ANOVA), with the significance accepted for $P < 0.05$. For CVJ it showed significant reductions only in the RM condition. For LAC, both conditions had a significant increase, but the increase in the RM condition was higher ($P < 0.001$). For EIM represented significant at the end of all electrical RM and RF. No differences were observed between RM and RF, but differences were observed between RM and CC, and RF and CC at some points. Our data show that IEM was not able to identify muscle fatigue under different conditions in strength training.

Keywords: strength training; fatigue; myographic electrical impedance.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 Treinamento de força.....	11
2.2 Treinamento de força e fadiga muscular	12
2.3 Impedância Elétrica Miográfica (EIM).....	14
2.4 Impedância Elétrica Miográfica Aplicada a Fadiga	16
3 JUSTIFICATIVA	19
4 HIPÓTESE CIENTÍFICAS	20
5 OBJETIVOS	21
5.1 Objetivos Gerais.....	21
5.2 Objetivos Específicos	21
6 ARTIGO: RESPOSTAS AGUDAS DA IMPEDÂNCIA ELÉTRICA MIOGRÁFICA EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE FADIGA MUSCULAR	22
7 CONCLUSÕES	40
8 PERSPECTIVAS	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) .	47
ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA (PAR-Q)	50
ANEXO C – FICHA DE AVALIAÇÃO	51
ANEXO D – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE)	52
ANEXO E – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE RECUPERAÇÃO (PSR)	53
ANEXO F – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA	54

1 INTRODUÇÃO

O treinamento resistido ou treinamento de força (TF) é caracterizado pela execução de exercícios durante os quais o músculo se movimenta ou tenta se movimentar contra algum tipo de resistência (pesos ou máquinas) (FLECK; KRAEMER, 2017). Esse treinamento é conhecido tradicionalmente por sua capacidade de desenvolvimento de força e hipertrofia (SUCHOMEL; NIMPHIUS; STONE, 2016), levando a adaptações neuromusculares benéficas para o esporte através da melhora no rendimento e da redução nas taxas de lesões (MORTON; COLENZO-SEMPLE; PHILLIPS, 2019). Além disso, também podem ser observados benefícios para a saúde dos indivíduos através da prevenção e, até mesmo, do tratamento de diversas fisiopatologias, como câncer, doenças metabólicas, doenças cardiovasculares, depressão e demência (MAESTRONI *et al.*, 2020).

Para atingir os benefícios mencionados anteriormente, faz-se necessário uma prescrição individual com objetivo pré-definido e escolhas adequadas dentre as variáveis do treinamento (ARANTES *et al.*, 2020). As manipulações dessas variáveis poderão proporcionar diferentes respostas agudas e, conseqüentemente, crônicas (MORTON; COLENZO-SEMPLE; PHILLIPS, 2019; ARANTES *et al.*, 2020). Logo, o controle dessas respostas torna-se um aspecto importante no TF, pois esse controle possibilita que o estímulo seja empregado de forma adequada e conseqüentemente o auxilie no planejamento no próximo. Dentre essas respostas, podemos apontar a fadiga muscular com uma das mais importantes, pois além de indicar a perda temporária da capacidade muscular, também é um sinal de alerta frente a estímulos excessivos (WALKER, 2012).

A fadiga é conceitualmente dividida em fadiga periférica e fadiga central, sendo a fadiga periférica subdivida em fadiga metabólica e fadiga neuromuscular (GOROSTIAGA *et al.*, 2012). Para mensurar fadiga muscular podem ser utilizados diferentes métodos, tais como avaliação lactacidêmica, avaliações de potência e eletromiografia (CÈ *et al.*, 2020).

Um método recente, denominado de Impedância Elétrica Miográfica (EIM) é um método adaptado a partir da impedância elétrica (BIA) e tem sido indicado como um método promissor para avaliação de fadiga muscular. Diferentemente do uso tradicional para avaliação da composição corporal, a EIM é aplicada de forma localizada em um músculo específico (SANCHEZ; RUTKOVE, 2017).

A EIM já é utilizada para o acompanhamento de doenças musculares (Li et. al, 2014; Zaidman et. al, 2015) e reduções de função muscular como envelhecimento (AARON *et al.*, 2006), diagnóstico e acompanhamento de lesões (NESCOLARE et. al, 2015) e avaliação da composição corporal (HOBSON-WEBB *et al*, 2018). A capacidade da EIM em caracterizar fadiga foi sugerida a partir de estudos que observaram que os parâmetros elétricos da EIM apresentavam reduções agudas após condições de contração muscular (SHIFFMAN, AARON; RUTKOVE, 2003; ZAGAR; KRIZAJ, 2008; CLEMENTE *et al.*, 2014a, b; LI *et al.*, 2016). Os estudos seguintes buscaram investigar as respostas da EIM em diferentes condições de carga e, conseqüentemente, de fadiga muscular (FREEBORN; FU, 2018, 2019; FU; FREEBORN, 2018; REGARD; FREEBORN, 2019; HUANG *et al.*, 2020).

Dados recentes indicam que a fadiga é influenciada de forma mais significativa pelo volume de treino, e pode ser potencializada em condições levadas até a falha concêntrica, também chamada de repetição máxima (BARAHONA-FUENTES; OJEDA; JEREZ-MAYORGA, 2020). Considerando que durante as avaliações as séries são levadas até a repetição máxima, o que pode tornar o estresse metabólico similar, mesmo com diferentes cargas, manipular somente a carga talvez não seja a melhor configuração de treino para avaliar a eficiência do método. Logo, comparar condições com repetição máxima e conseqüentemente um volume maior, com condições de repetição submáximas, pode ser mais efetivo para avaliar a eficácia da EIM em diferentes condições de fadiga.

Tendo em vista a importância do presente trabalho, a revisão de literatura a seguir abordará aspectos relacionados ao treinamento de força, fadiga muscular e Impedância elétrica miográfica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Treinamento de força

O treinamento resistido ou treinamento de força (TF) é caracterizado por exercícios ao qual o músculo se movimenta ou tenta se movimentar contra alguma resistência (pesos ou máquinas), logo o TF contempla diversas modalidades, desde o próprio treinamento com pesos até o treinamento com o uso de elásticos ou corrida em ladeira. (FLECK; KRAEMER, 2017). Tradicionalmente o TF é conhecido por sua capacidade de desenvolvimento de força e hipertrofia, fato que já está bem estabelecido na literatura (MORTON; COLENZO-SEMPLE; PHILLIPS, 2019). Outros pontos que ganham cada vez mais evidências são os benefícios relacionados ao o desempenho e a saúde (SUCHOMEL; NIMPHIUS; STONE, 2016).

Aplicados ao desempenho, dados sugerem que o aumento de força proveniente do TF melhora a relação força-tempo do músculo, o que está fortemente relacionado ao aumento do desempenho específico nos esportes, podendo ainda diminuir as taxas de lesões (SUCHOMEL; NIMPHIUS; STONE, 2016). Já para a saúde, uma recente revisão mostrou que para além de benefícios relacionados ao sistema locomotor, o TF também pode apresentar benefícios frente ao câncer, doenças metabólicas, doenças cardiovasculares, depressão, demência e na qualidade do sono (MAESTRONI *et al.*, 2020).

Contudo, para atingir todos esses benefícios é necessária uma prescrição adequada, baseando-se na individualidade e no objetivo pré-definido. Parte dessa adequação passa pelas escolhas corretas dentre as variáveis do treinamento (ARANTES *et al.*, 2020). Conceitualmente as variáveis são componentes manipuláveis do treino, logo podem ser aumentados ou diminuídos durante a prescrição. Podemos citar como exemplos, o tipo de exercício, a velocidade de execução, o intervalo de recuperação, a repetição máxima, o volume e a carga relativa (ARANTES *et al.*, 2020).

Sabe-se que a manipulação dessas variáveis poderá proporcionar respostas distintas, tanto de maneira aguda como crônica (MORTON; COLENZO-SEMPLE; PHILLIPS, 2019; ARANTES *et al.*, 2020). Especificamente para respostas agudas, alguns marcadores são mais interessantes para o TR, como alterações metabólicas, alterações no esforço perceptivo e redução de potência muscular. Esse

interesse está relacionado ao fato de que esses marcadores são considerados como bons marcadores do índice de fadiga muscular (IZQUIERDO *et al.*, 2009; GOROSTIAGA *et al.*, 2012; JUKIC *et al.*, 2020).

2.2 Treinamento de força e fadiga muscular

Conceitualmente a fadiga é subdividida em fadiga central e fadiga periférica. A fadiga central está relacionada com a diminuição da ativação voluntária durante o exercício, já a fadiga periférica se apresenta como uma redução da capacidade de gerar força (CANDEVA, 2001).

O treinamento resistido é capaz de promover os dois tipos de fadiga. Quando o treino é caracterizado por altas cargas a fadiga central é acentuada e com cargas baixas e moderadas temos um predomínio de fadiga periférica (WALKER, 2012). Parte dessa relação é explicada devido a estimulação aumentada do neurônio somático motor durante contrações máximas ao mesmo tempo que altas cargas não são sustentadas por longos períodos, minimizando o estresse metabólico (GANDEVIA *et al.*, 1996; TAYLOR; GANDEVIA, 2008; SUNDBERG; FITTS, 2019). Quando tratamos de menores cargas o estresse biogénético é acentuado devido os maiores números de contrações, levando ao predomínio periférico da fadiga. Contudo, contrações submáximas, levadas até a falha muscular, também podem gerar fadiga central (TAYLOR; GANDEVIA, 2008).

Nesse contexto fadiga periférica pode ser considerada mais comum no TF, pois a maioria dos praticantes treinam com cargas moderadas a baixas. Os mecanismos fisiológicos que explicam as relações de fadiga no TF não estão totalmente elucidados, principalmente quando tratamos de respostas de fadiga central, sendo consequência do uso de métodos inadequados de investigação (ZAJAÇ *et al.*, 2015). As hipóteses gerais deixaram de focar na redução de concentração de acetilcolina como modulador primeiro da fadiga central e passaram apontar estruturas superiores do sistema nervoso, como neurotransmissores e neuro modulares de centros de níveis superiores, contudo não totalmente conclusivos (TAYLOR; GANDEVIA, 2008; ZAJAÇ *et al.*, 2015).

Quando discutimos aspectos de fadiga periféricas os mecanismos ficam mais claros. Sabe-se que sua origem é eletroquímica e bioenergética, que de forma secundária pode influenciar alterações da fadiga central (GANDEVIA *et al.*, 1996;

SUNDBERG; FITTS, 2019; CÈ *et al.*, 2020). Dentre os mecanismos relacionados com a fadiga periférica podemos citar as alterações sinápticas do potencial de ação, a propagação de potencial de ação no sarcolema e a influência no acoplamento das pontes cruzadas (CÈ *et al.*, 2020).

O TF é bioenergeticamente anaeróbico. Em condições submáximas a ressíntese de ATP é predominantemente originada da hidrólise de fosfocreatina. Dessa forma, quando o treino é levado até a falha muscular as concentrações de fosfocreatina reduzem a valores críticos, e via glicolítica passa a ter uma maior importância na manutenção energética do exercício (IZQUIERDO *et al.*, 2009; GOROSTIAGA *et al.*, 2012).

Nesse sentido a fadiga periférica no TF é acompanhada por reduções das concentrações de ATP, fosfocreatina e glicogênio, além de aumento de ADP, lactato e íons de hidrogênio (GOROSTIAGA *et al.*, 2012). Essas características bioquímicas irão afetar direta ou indiretamente os mecanismos relacionados com a fadiga periférica e conseqüentemente afetando temporariamente a qualidade muscular (GOROSTIAGA *et al.*, 2012; CÈ *et al.*, 2020).

No quesito avaliação as duas formas de fadiga podem ser avaliadas no TF, contudo, em comparação com a fadiga central, a fadiga periférica apresenta maiores possibilidades avaliação (JUKIC *et al.*, 2020). Enquanto na pratica a avaliação central fica restrita a avaliação de força isométrica máxima, a fadiga periférica pode ser avaliada por acompanhamento de potência muscular, alterações metabólicas, alterações eletromiográficas entre outros métodos mais complexos (GOROSTIAGA *et al.*, 2012; WALKER, 2012; CÈ *et al.*, 2020; FONSECA *et al.*, 2020).

No TF esses marcadores de fadiga são frequentemente chamados de medidas de carga interna. Essas medidas indicam como o organismo responde aos estímulos do treinamento, tanto de forma aguda (fadiga momentânea) como sub aguda ou crônica (fadiga acumulativa) (SCOTT *et al.*, 2016; BOURDON *et al.*, 2017; ZAJAÇ *et al.*, 2015).

Acompanhar essas respostas torna-se um ponto importante quando pensamos em monitoramento do treino, tendo em vista que isso permite com que o treinador determine se o estímulo está de acordo com o planejado e conseqüentemente o auxilie a pensar no próximo estímulo (SCOTT *et al.*, 2016). Logo o desenvolvimento de novas tecnologias que auxiliem nesse processo ganha força,

seja para auxiliar em uma compreensão maior acerca da fadiga ou como método válido de avaliação durante os treinos (FREEBORN; FU, 2018; CÈ *et al.*, 2020).

2.3 Impedância Elétrica Miográfica (EIM)

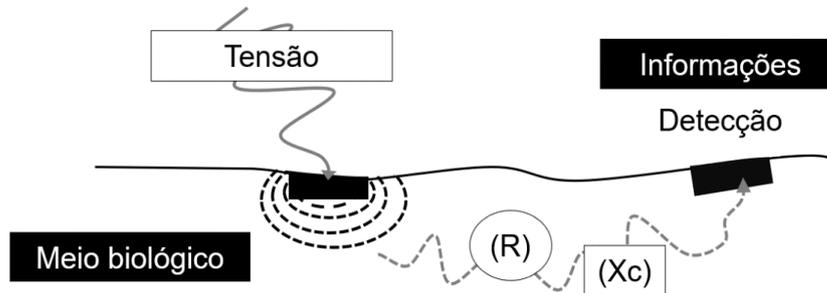
A impedância bioelétrica ou bioimpedância (BIA) é uma tecnologia relativamente antiga, tendo seu desenvolvimento ainda nos anos 30, com estudos relacionados as propriedades elétricas dos tecidos. Porém, apenas nos anos 70 foi que a tecnologia se estabeleceu, com seus princípios descritos e aplicação definida (KYLE *et al.*, 2004).

O princípio da BIA baseia-se na oposição oferecida pelo meio biológico à passagem de um fluxo elétrico (impedância). Essa oposição estará vinculada a componentes biológicos que proporcionam Resistência (R) ou Reatância (Xc) (DE LORENZO *et al.*, 1997).

A R é definida como um componente que gera uma maior dificuldade da passagem da impedância, enquanto que a Xc é um componente que absorve parte da impedância. Além disso, uma relação matemática de R e Xc culmina com um terceiro marcador, o Ângulo de Fase (AF) (ZANFORLINI *et al.*, 2019).

Algumas estruturas celulares podem apresentar relações acentuadas para R ou Xc, por exemplo, a membrana plasmática devido sua característica fosfolipídica absorver parte da passagem da impedância, ou seja, é uma componente de XC, já a água intra e extra celular promovem uma dificuldade da passagem da impedância, se caracterizando como componente de R (DE LORENZO *et al.*, 1997). A partir dessa relação dos componentes celulares com a passagem da impedância é possível ter acesso a algumas informações fisiológicas do tecido. A descrição do princípio da Impedância elétrica está presente na Figura 1.

Figura 1 - Princípio da Impedância Elétrica.



Fonte: Autor.

Utilizando esse princípio, a BIA originalmente tinha como objetivo a avaliação da composição corporal, estratificando quantidade de gordura, massa livre de gordura e quantificação de água corporal a partir de equações pré-estabelecidas. (FREGONASSE *et al.*, 2003; KYLE *et al.*, 2004). Contudo, aplicações secundárias foram desenvolvidas ao longo do tempo, uma delas estava relacionada a uma avaliação localizada da BIA, sendo denominada de Impedância Elétrica Miográfica (EIM). Esta é uma avaliação específica para o músculo, capaz de fornecer dados fisiológicos detalhados sobre a composição e estrutura do músculo (SANCHEZ; RUTKOVE, 2017).

Utilizando esse princípio, a BIA originalmente tinha como objetivo a avaliação da composição corporal, estratificando quantidade de gordura, massa livre de gordura e quantificação de água corporal a partir de equações pré-estabelecidas. (FREGONASSE *et al.*, 2003; KYLE *et al.*, 2004). Contudo, aplicações secundárias foram desenvolvidas ao longo do tempo, uma delas estava relacionada a uma avaliação localizada da BIA, essa foi denominada de Impedância Elétrica Miográfica (EIM).

A EIM é uma avaliação específica para o músculo, capaz de fornecer dados fisiológicos detalhados sobre a composição e a estrutura do músculo (SANCHEZ; RUTKOVE, 2017). A primeira aplicação do método se deu em indivíduos com miopatia inflamatória, amiotrofia diabética, poliomielite e esclerose lateral amiotrófica. Os resultados mostraram que devido a atrofia muscular dos distúrbios neuromusculares, os valores de resistência aumentaram e os valores de reatância diminuíram em comparação com indivíduos saudáveis (RUTKOVE; AARON; SHIFFMAN, 2002).

A eficiência do método em diferenciar indivíduos saudáveis de indivíduos com patologias musculares estimulou outros estudos com a mesma premissa, porém em outros distúrbios de distrofia muscular (LI *et al.*, 2014; ZAIDMAN *et al.*, 2015; LI *et al.*, 2016; HAMEL *et al.*, 2020). A partir desse ponto houve uma ampliação para as aplicações do método, indo além do diagnóstico e acompanhamento de distúrbios neuromusculares. Atualmente o método é aplicado para o acompanhamento muscular durante o envelhecimento. Foi detectado que os parâmetros bioelétricos apresentam uma redução progressiva com o aumento da idade (AARON *et al.*, 2006). Em adicional os marcadores bioelétricos apresentaram associação com quantidade de massa muscular, força isométrica e testes funcionais, achados que sugerem um método de avaliação de qualidade muscular (HOBSON-WEBB *et al.*, 2018).

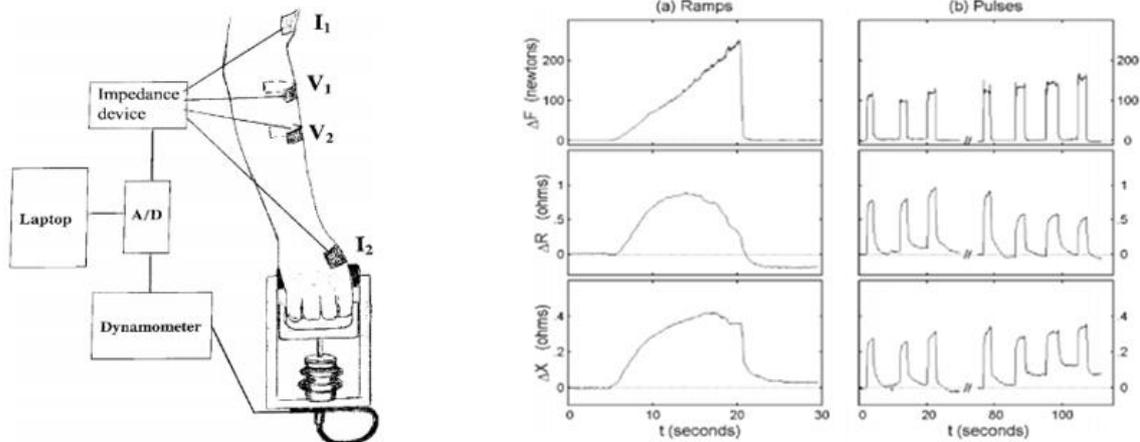
Outra aplicação interessante está relacionada ao risco e acompanhamento de lesões musculares. Nescolarde *et al.* (2015) identificaram que os parâmetros bioelétricos apresentavam uma redução significativa nos músculos lesionados, e que esses marcadores aumentavam durante o progresso do tratamento.

Uma aplicação mais recente está relacionada a avaliação de fadiga muscular, onde estudos demonstraram quedas dos parâmetros bioelétricos após intervenções com exercícios. (NESCOLARDE *et al.*, 2015; JOTTA *et al.*, 2017; HOBSON-WEBB *et al.*, 2018; FREEBORN; REGARD; FU, 2020; HUANG *et al.*, 2020)..

2.4 Impedância Elétrica Miográfica Aplicada a Fadiga

Mesmo que os estudos que utilizaram a EIM como método de avaliação de fadiga no treinamento resistido sejam recentes, a primeira aplicação do método de forma similar e que abriu essa discussão ocorreu em 2003 (SHIFFMAN; AARON; RUTKOVE, 2003), onde eles avaliaram o efeito de contrações isométricas nos marcadores bioelétricos da EIM. Os resultados indicaram um aumento da R, Xc e AF, esse efeito foi denominado de EIM dinâmica. Estudos posteriores passaram avaliar para além do período de contração, a comparação com o repouso e os efeitos após a intervenção. Os achados mostraram que os marcadores bioelétricos aumentavam durante a contração em comparação com o repouso, enquanto que, pós estímulo apresentava uma queda maior ao qual estava no repouso. As alterações após contrações estão apresentadas na Figura 2.

Figura 2 – Alterações elétricas após contrações



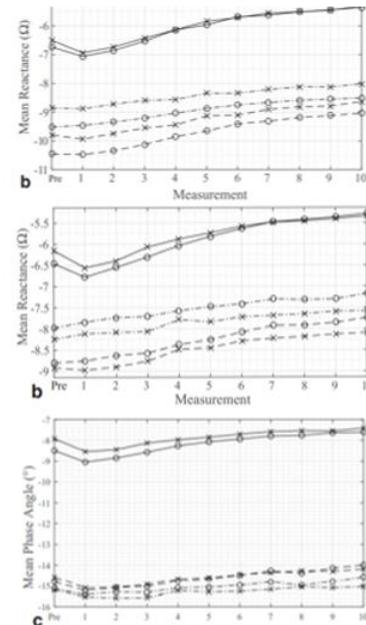
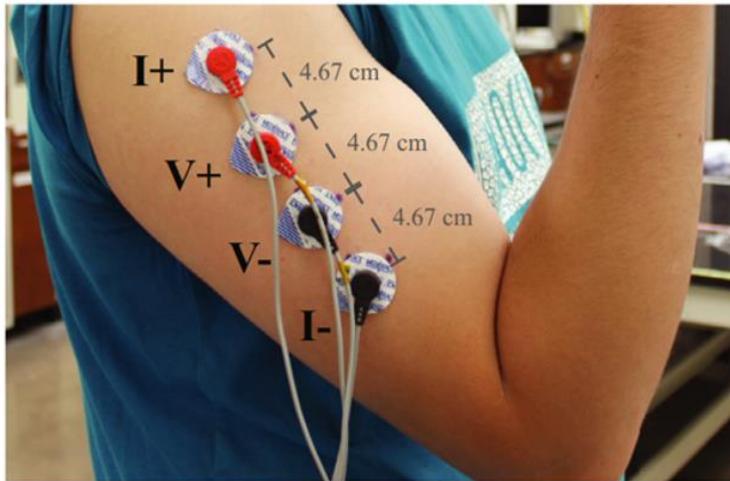
Fonte: SHIFFMAN; AARON; RUTKOVE, 2003, p. 215.

A partir desses resultados desenvolve-se algumas hipóteses em que essas alterações poderiam estar relacionadas a fadiga muscular, e algumas explicações para essa relação foram propostas. Primeiramente uma relação morfológica, pois mudanças na forma e dimensões do músculo poderia promover alterações bioelétricas (LI *et al.*, 2016). Outra indicação é que essas alterações poderiam ter origem a partir do aumento do fluxo sanguíneo, aumentando a temperatura e aumento a quantidade de sangue cutâneo (ZAGAR; KRIZAJ, 2008; CLEMENTE *et al.*, 2014b, a; WU *et al.*, 2015).

Por fim, um dos apontamentos indicava uma relação bioenergética para essas alterações, em que o aumento de prótons livre de íons de hidrogênio e de fosfato inorgânico, originados a partir da hidrólise de ATP, poderiam ser os responsáveis pela a redução da R pós exercício (SHIFFMAN; AARON; RUTKOVE, 2003). Contudo, nenhuma dessas hipóteses apresenta estudos que esclarecesse por completo essa relação com fadiga.

Como forma de avaliar a sensibilidade da EIM para a alterações da fadiga, estudos recentes avaliaram a resposta da EIM em condições de diferentes intensidades. Freeborn e Fu (2018) avaliaram o efeito da EIM após um protocolo de fadiga com diferentes intensidades, uma de 60%RM e outro com 75%RM, ambas as condições foram até repetição máxima. Os resultados mostraram uma redução de todos os marcadores bioelétricos após as duas condições, porém não houve diferença entre as condições. As respostas da EIM ao treinamento resistido estão presentes na Figura 3.

Figura 3 - Alterações elétricas em resposta ao treinamento resistido



Fonte: FREEBORN; FU, (2018, p. 2)

Um segundo estudo com a premissa similar avaliou as repercussões da EIM em uma diferença maior de intensidades, com 20%, 40% e 60% de uma contração isométrica máxima, com repetições levadas até a falha muscular (FREEBORN; FU, 2019). Novamente houve uma queda significativa em ambas as condições, porém sem diferenças entre elas.

Recentemente nosso grupo avaliou o efeito para as intensidades de 30% e 80% de 12RM, porém sem series até a repetição máxima e acompanhando até 30 minutos após a intervenção. As intensidades distintas apresentaram reduções similares tanto pré e pós, quanto ao final dos 30 minutos.

Esses resultados indicaram que a EIM não seria capaz de identificar estímulos de diferentes intensidades, o que diminuiria sua aplicabilidade clínica. Porém, baseando-se nas hipóteses de que as alterações da EIM possuem uma relação bioenergética é compreensível não ter sido identificado diferenças, já que um marcador bioenergético muito comum para avaliações de fadiga, o lactato não apresenta alterações com diferentes intensidades. Logo a aplicação de variáveis de volume, intervalo de recuperação e series até a repetição máxima podem ser estímulos mais interessantes para visualizar alguma resposta de fadiga e avaliar a eficiência da EIM.

3 JUSTIFICATIVA

No treinamento existem poucos métodos de avaliação de fadiga muscular localizada. Esses métodos podem auxiliar no monitoramento e controle do treino, tornando as avaliações mais precisas. A impedância elétrica miográfica é um método promissor para avaliação de fadiga muscular localizada.

O método é baseado em alterações de parâmetros elétricos musculares, além de apresentar baixo custo e alta portabilidade, porém, os dados quanto a sua eficiência ainda são incertos. Logo, avaliar as respostas agudas da impedância elétrica miográfica a diferentes condições de fadiga poderá fornecer informações acerca da sua aplicação no treinamento.

4 HIPÓTESE CIENTÍFICAS

Diante do exposto, as hipóteses científicas da dissertação foram:

- O treinamento resistido na condição de repetição máxima promove maiores níveis de fadiga neuromuscular e metabólica, e ainda maiores reduções dos parâmetros de EIM quando comparado a condição de não repetição máxima.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Avaliar a capacidade da impedância bioelétrica em mensurar alterações de fadiga neuromuscular e metabólica no treinamento resistido em mulheres jovens.

5.2 Objetivos específicos

- Verificar o efeito agudo do treinamento resistido com repetição máxima e sem repetição máxima sobre:
 - A Impedância Bioelétrica Miográfica;
 - As concentrações lactacidémicas;
 - A altura e potência muscular.
- Monitorar a recuperação da impedância bioelétrica miográfica após sessões de treino com repetição máxima e sem repetição máxima.

6 ARTIGO: RESPOSTAS AGUDAS DA IMPEDÂNCIA ELÉTRICA MIOGRÁFICA EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE FADIGA MUSCULAR

RESPOSTAS AGUDAS DA IMPEDÂNCIA ELÉTRICA MIOGRÁFICA EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE FADIGA MUSCULAR

Francisco Dalton Alves de Oliveira¹

Táisa Menezes²

Kássio Menezes³

Reene Caldas Honorato⁴

Valdevane Rocha Araújo⁵

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar as respostas Impedância Elétrica Miográfica (EIM) em diferentes condições de fadiga muscular. Participaram do estudo 15 mulheres ($23,8 \pm 2,1$ de idade, $60,9 \pm 9,5$ kg, $163 \pm 0,07$ cm). Foram executadas três condições: Repetição Máxima (RM), Repetição Fixa (RF) e controle (CC). Antes e após as condições foram avaliados Salto Vertical com Contramovimento (SVC), Lactato sanguíneo (LAC), Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) e EIM. Para a comparação entre as condições foi utilizado análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) com nível de significância aceito foi $P < 0,05$. Para SVC apresentou reduções significativas apenas na condição de RM ($P < 0,001$). Para o LAC, ambas as condições tiveram um aumento significativo, porém o aumento da condição de RM foi superior ($P < 0,001$). A PSE apresentou valores superiores na condição de RM ($P < 0,001$). Para EIM apresentou reduções significativas em todos os parâmetros elétricos ao final de RM e RF. Não foram observadas diferenças entre RM e RF, mas foram observadas diferenças entre RM e CC, e RF e CC em alguns pontos. Nossos dados mostraram que a EIM não foi capaz para identificar fadiga muscular em diferentes condições no treinamento de força.

¹ Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia - PPGB

² Instituto de Educação Física e Esportes – IEFES

³ Departamento de Esportes, Universidade Estadual do Pará – UFPA

⁴ Universidade Estadual do Ceará

⁵ Universidade Estadual do Ceará

Palavras-Chave: treinamento de força; fadiga; impedância elétrica miográfica.

Revista para submissão: Physiological Measurement

ISSN: 1361-6579

Fator de Impacto: 2.833

Citescore: 5

Qualis Biotecnologia: B2

INTRODUÇÃO

A impedância elétrica (BIA) é uma tecnologia tradicionalmente utilizada para avaliação de composição corporal (KYLE *et al.*, 2004). A aplicação da tecnologia da avaliação localizada, específica para um grupamento muscular é chamada de Impedância Elétrica Miográfica (EIM) (RUTKOVE *et al.*, 2002). De uma forma geral o método baseia-se na resposta tecidual a passagem elétrica de baixa voltagem, baseado nas respostas é possível avaliar aspectos fisiológicos e estruturais (SANCHEZ; RUTKOVE, 2017). A partir da EIM é possível obter os parâmetros de resistência (R), a maior resistência oferecida pelo tecido; reatância (XC), resistência relacionada as estruturas capacitivas e ângulo de fase (AF), uma relação geométrica entre R e AF (CASTIZO-OLIER *et al.*, 2018).

Inicialmente a EIM foi utilizada para o acompanhamento de doenças musculares (RUTKOVE.; AARON; SHIFFMAN, 2002; LI *et al.*, 2014; ZAIDMAN *et al.*, 2015), monitoramento de reduções de função muscular com envelhecimento (AARON *et al.*, 2006), acompanhamento de lesões musculares (NESCOLARE *et al.*, 2015) e avaliação da composição corporal (HOBSON-WEBB *et al.*, 2018).

A EIM como medida de fadiga foi sugerida em estudos que observaram que os parâmetros elétricos apresentavam reduções agudas após a contração muscular (SHIFFMAN, AARON; RUTKOVE, 2003; ZAGAR; KRIZAJ, 2008; CLEMENTE *et al.*, 2014a, b; LI *et al.*, 2016). Os estudos seguintes investigaram as respostas da EIM em diferentes condições de carga com o objetivo de avaliar a EIM em diferentes condições de fadiga. Os resultados mostraram não haver diferença entre as condições (FREEBORN; FU, 2018, 2019; FU; FREEBORN, 2018; HUANG *et al.*, 2020). Porém,

os desenhos experimentais apresentam fragilidades e possivelmente não tenham sido os ideais para comparar diferentes condições de fadiga.

Dados recentes indicam que a fadiga é influenciada de forma mais significativa pelo volume de treino e pode ser potencializada em condições de falha concêntrica, também chamada de repetição máxima (RM) (BARAHONA-FUENTES; OJEDA; JEREZ-MAYORGA, 2020).

Nesse sentido, manipular somente a carga talvez não seja a melhor configuração de treino para avaliar a eficiência do método, pois quando as séries são levadas até RM, o estresse metabólico mesmo com diferentes cargas tende a ser similar já que a condição de menor carga aumenta o volume. Logo, o objetivo do estudo é avaliar as respostas da EIM em diferentes condições de fadiga muscular. Para isso, acreditamos que comparar condições de repetição máxima (RM) e de repetição fixa (RF) seja mais efetiva para tal objetivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram do estudo 15 participantes do sexo feminino ($23,8 \pm 2,1$ de idade, $60,9 \pm 9,5$ kg, $163 \pm 0,07$ cm) com experiência no TF há pelo menos três meses e que tenham em suas rotinas de treino o exercício leg press 45° . Foram considerados critérios de exclusão a presença de distúrbios mioarticulares, o uso de suplementos ergogênicos e a responder “sim” a pelo menos uma questão Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q).

O recrutamento das voluntárias ocorreu a partir de divulgações nas redes sociais. Todas as participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). O projeto obteve o aceite do Comitê de Ética da Universidade Estadual do Ceará – UECE (número de CAEE: 47849621.9.0000.5534).

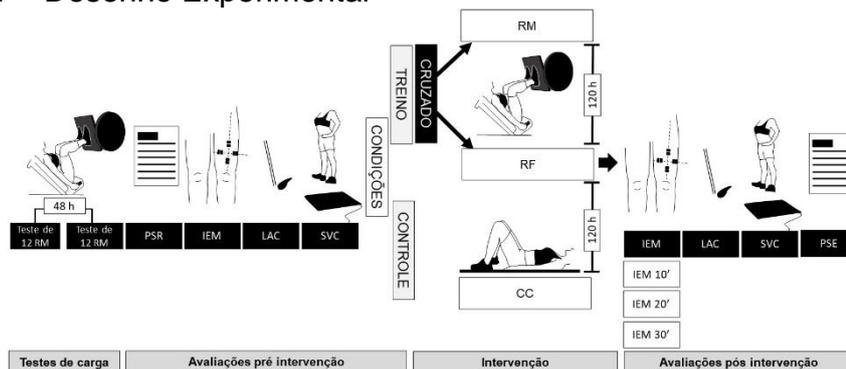
Delineamento do estudo

Para investigar as respostas da EIM em diferentes condições de fadiga muscular, o estudo apresenta um delineamento cruzado, contrabalanceado e randomizado.

O estudo foi constituído por cinco encontros, os dois primeiros para familiarização das medidas de Salto Vertical Contramovimento (SVC) e Percepção Subjetiva de Recuperação (PSR), para avaliações de composição corporal e teste e resteste de 12RM no exercício leg press 45° e três últimos para as sessões experimentais.

As sessões experimentais foram executadas no leg press 45°, constituídas por três condições: Repetição Máxima (RM), Repetição Fixa (RF) e controle (CC). Antes e após as sessões foram avaliadas Lactato sanguíneo (LAC) e SVC. Antes, durante, após a sessão e nos 30 minutos após o final da sessão foi avaliado a Impedância Bioelétrica Miográfica (EIM). O delineamento do estudo está descrito na figura 1.

Figura 1 – Desenho Experimental



Fonte: Autor.

PSR = percepção subjetiva de recuperação; EIM = impedância elétrica miográfica; LAC = lactato; SVC = salto vertical com contramovimento; RM = repetição máxima; RF = repetição fixa; CC = controle.

Sessão experimental

As participantes executaram três sessões experimentais: condição Repetição Máxima (RM), de Repetição Fixa (RF) e controle (CC). As condições de treino seguiram um processo padrão, iniciando pela Percepção Subjetiva de Recuperação (PSR) para avaliar o nível de prontidão. Em seguida um aquecimento geral, de 5 minutos em um ciclo ergômetro em uma intensidade auto selecionada.

Em um segundo momento, um aquecimento específico no exercício leg press 45°, constituído por duas séries de 12 repetições: a primeira com 50% e segunda 70% da carga atingida no teste de 12RM.

A condição de RM foi constituída por cinco séries de repetições máximas com a carga obtida no teste de 12RM. Nessa condição as voluntárias foram estimuladas a atingir a falha muscular em todas as séries. A condição de RF foi constituída por cinco séries de oito repetições com a carga atingida no teste de 12RM. Em todas as condições a cadência foi de 2:2, controlada por um metrônomo e com um intervalo de 3 minutos entre as séries. Para a CC, as participantes permaneceram em repouso em um tempo médio das duas condições de treino.

As medidas de cargas foram calculadas por meio de Volume Total (VT) e Densidade (D). O cálculo do VT ocorreu por meio da seguinte equação: $VT = \text{Séries} \times \text{Repetições} \times \text{Carga}$. A densidade foi obtida a partir da seguinte equação: $D = (\text{Repetições} \times \text{Cargas}) / \text{Intervalo de recuperação}$.

Procedimentos

Teste de 12RM

Para a determinação de carga utilizada nas sessões experimentais foi utilizado o teste de 12 repetições máximas (12RM) no exercício leg 45°, em dois dias, com intervalo de 48 horas (BROWN; WEIR, 2001).

No início as voluntárias realizaram um aquecimento geral no cicloergômetro durante cinco minutos em uma intensidade auto selecionada. Em seguida executaram duas séries de 12 repetições com o intervalo de dois minutos. A primeira série com a carga de 50% de 12RM estimada e segunda com a carga de 70% de 12RM estimada. Essa carga foi estimada pela voluntária, baseada na sua experiência com o exercício.

Após aquecimento o teste de 12RM teve início, constituído por três a cinco séries com o intervalo de cinco minutos, sendo a primeira série com a carga de 100% de 12RM indicada inicialmente pela voluntária. Como instrução foi indicado para que a voluntária tentasse executar 13 repetições. Caso atinge-se as 13 repetições, na série seguinte foi adicionada 5 a 10% da carga anterior. Foi considerada válida a tentativa que a voluntária conseguir fazer apenas 12 repetições (BEZERRA et al., 2009).

Lactato (LAC)

A amostra de sangue foi coletada a partir de uma punção da região distal do dedo das voluntárias, utilizando uma lanceta descartável. A região distal do dedo foi assepsiada com algodão com álcool 70% antes da punção. Foi coletado 25µl de sangue utilizando um capilar previamente heparizado e transferida para eppendorf contendo fluoreto de sódio a 1%, em seguida sendo armazenado em uma temperatura 2208 °C (LACERDA et al., 2016). Para a análise, as amostras foram descongeladas e analisadas em um analisador lactacidemico, modelo 2700 Yellow Spring.

Salto Vertical Contramovimento (SVC)

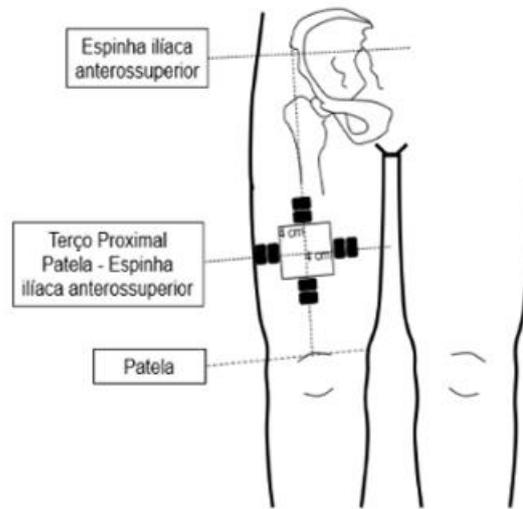
A avaliação do Salto Vertical Contramovimento foi constituída por um esquecimento específico de cinco saltos submáximo. Após dois minutos foram executados três saltos máximos com um intervalo de 15 segundos entre eles. A instrução para a execução dos saltos foi seguida baseada em estudos anteriores (OLIVEIRA et al., 2018). O maior valor entre os três saltos será considerado como resultado final. O ErgoJump Jump Pro 2.0-Brazil foi utilizado como tapete de contato para as avaliações, dispositivo fornece dados sobre a altura e potência do salto.

Impedância Bioelétrica Miográfica (IEM)

A avaliação da IEM foi realizada na região do quadríceps, no eixo longitudinal e transversal, tanto na perna esquerda quanto na direita. O posicionamento dos eletrodos foi baseado em pontos anatômicos.

De início foi traçado a distância entre a espinha ílaca ântero-superior e a base da patela, o terço proximal patelar da medida foi utilizado como ponto central (MARTINEZ-GONZALEZ *et al.*, 2020). A partir do ponto foi mensurado quatro centímetros para eixo transversal e longitudinal, após a marcação, os eletrodos, um total de quatro, foram posicionados em paralelo ao eixo em questão. A descrição do posicionamento dos eletrodos está presente na figura 2.

Figura 2 – Descrição do posicionamento dos eletrodos



Fonte: Autor.

Foram utilizados os eletrodos descartáveis da marca Vitarcor para monitorização de adultos. Para a análise da EIM foi utilizada a impedância da marca RJL Systems, modelo Quantum II Desktop BIA. Foram utilizados os parâmetros de Resistência (R), Reatância (XC) e Ângulo de fase (AF), todos em uma frequência de 50 hertz (Hz).

Análise estatística

Os dados foram checados ao seu nível de esfericidade por meio do teste Mauchly e corrigidos se forem necessários por meio do teste Greenhouse-Geisser. Para comparação entre as condições no número de repetições, volume total, tempo sob tensão, PSR foi utilizado o teste t. Para a comparação de LAC, salto e potência foi utilizado análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) com as condições (RM, RF e CC) e o tempo (Pré e Pós). Para a comparação dos parâmetros da IEM foi utilizado análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) com as condições (RM, RF e CC) e tempo (Repouso, 1 série, 2 séries, 3 séries, 4 séries, 5 séries, 10 minutos, 20 minutos e 30 minutos).

Quando o valor de F for significativo, foi utilizado post-hoc de Bonferroni para identificar as possíveis diferenças estatísticas. Os dados foram apresentados

como média e desvio padrão e com intervalo de confiança de 95%. O nível de significância aceito foi $P < 0,05$.

RESULTADOS

As condições RM e RF apresentaram diferenças significativas para todas as características do treino. Os resultados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização das duas condições

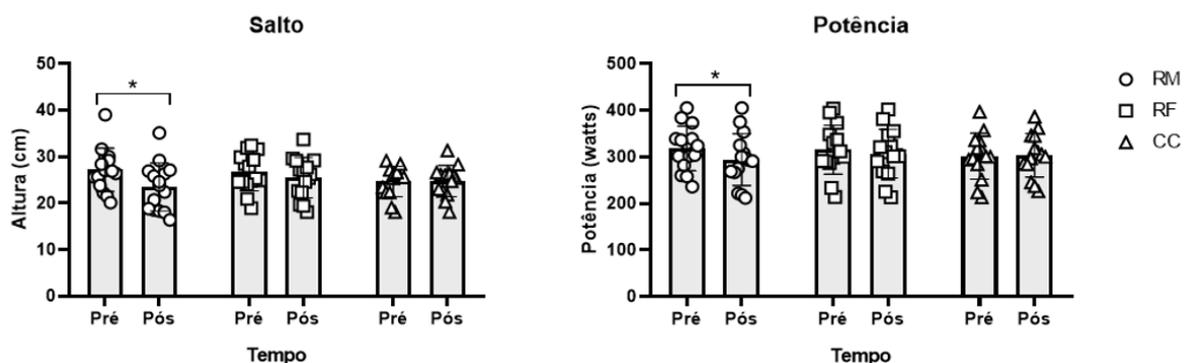
Variáveis	Condições		t	p	ES
	RM	RF			
Repetições	12,5 ± 1,9 *	7,9	8,5	< 0,001	2,2
Tempo Sob Tensão (s)	39,9 ± 6,6 *	25,5 ± 5,3	9,5	< 0,001	2,6
Volume Total (ua)	11415,3 ± 33390,4 *	7288 ± 1736,8	7	< 0,001	1,8
Densidade (Kg·s ⁻¹)	12,6 ± 3,7 *	8 ± 1,9	7	< 0,001	1,8
PSR	7 ± 2,5	7,2 ± 2,4	-0,16	0,8	-0,4

Fonte: Autor.

RM = repetição máxima; RF = repetições fixa; PSR = Percepção Subjetiva de Recuperação. * = Diferença de RM em comparação com RF.

Para a altura do salto não houve interações entre as condições ($F_{2,26} = 1,243$, $p < 0,305$), porém houve interação em relação ao tempo ($F_{1,13} = 19,550$, $p < 0,001$). A análise do post hoc indicou redução de altura somente para a condição de RM ($p < 0,001$). Para a potência os resultados foram similares, não havendo interação entre as condições ($F_{2,26} = 0,538$, $p < 0,590$), e interação apenas no tempo ($F_{1,13} = 19,692$, $p < 0,001$), com redução apenas na condição RM (Figura 3).

Figura 3 - Resposta neuromusculares para as diferentes condições

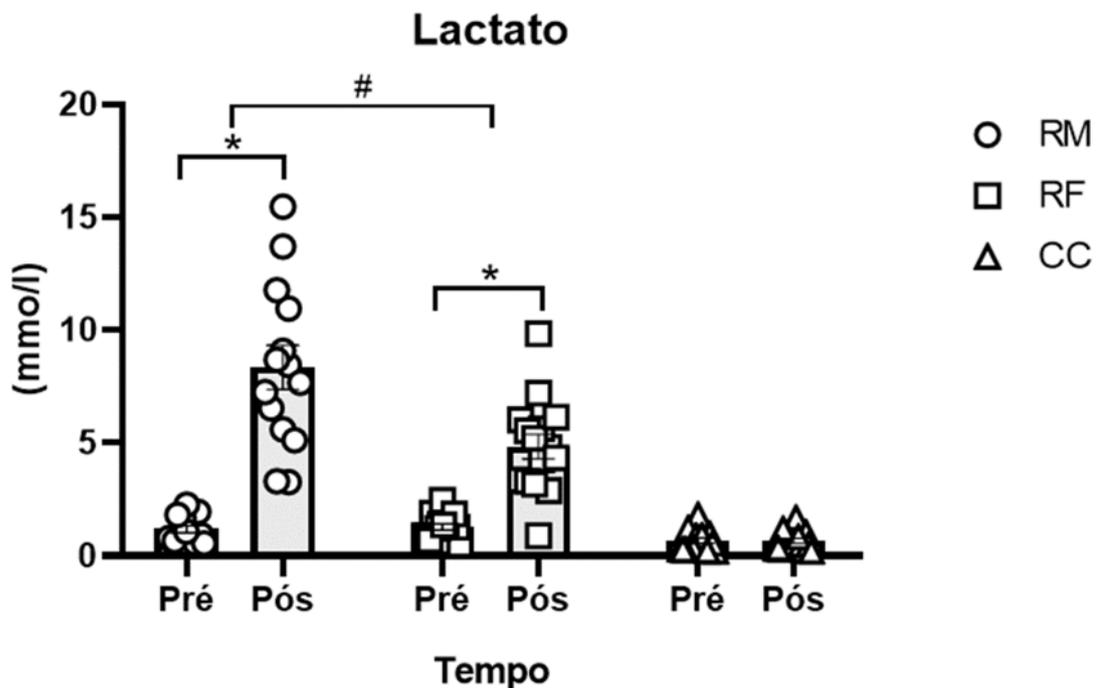


Fonte: Autor.

RM = repetições máximas; RF = repetições fixa; CC = controle. * = $P < 0,05$ pré vs pós.

Para as respostas de LAC foi observado interação entre os tempos ($F_{1,12}=74,643$, $p = 0,001$), entre as condições ($F_{2,24} = 38,881$, $p < 0,001$) e tempo x condições ($F_{2,24}= 29,617$, $p < 0,001$). As condições de RM e RF apresentaram diferença pré e pós, porém o aumento nas concentrações de LAC foi significativamente maior na condição de RM (Figura 4).

Figura 4 - Resposta metabólicas para as diferentes condições.

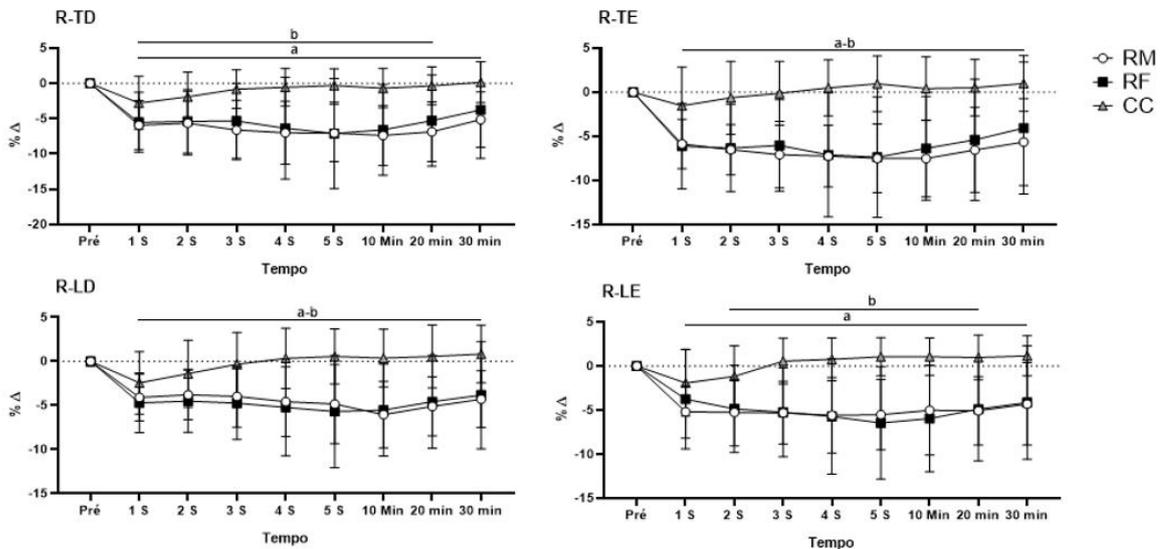


Fonte: Autor.

RM = repetições máximas; RF = repetições fixa; CC = controle. * = $P < 0,05$ pré vs pós; # = diferença significativa entre as condições RM e RF.

Os resultados das respostas agudas e subagudas para as diferentes condições de treino foram apresentados para as diferentes pernas e diferentes eixos. As condições de RM e RF apresentaram reduções significativas ao longo do tempo em todos os parâmetros elétricos, o que não foi observado no CC. Não foram observadas diferenças significativas entre as condições de RM e RF em nenhum dos parâmetros, porém foi observado diferença entre RM e RF em comparação ao CC para XC e AF.

Figura 5 - Comportamento da Resistência para as diferentes condições



Fonte: Autor.

R-TD = resistência perna direita transversal; R-TE = resistência perna esquerda transversal; R-LD = resistência perna direita longitudinal; R-LE = resistência perna esquerda longitudinal; RM= repetição máxima; RF = repetição fixa; CC= controle. a = $P < 0,05$ diferença no RM em comparação com o repouso; b = diferença no RF em comparação com o repouso.

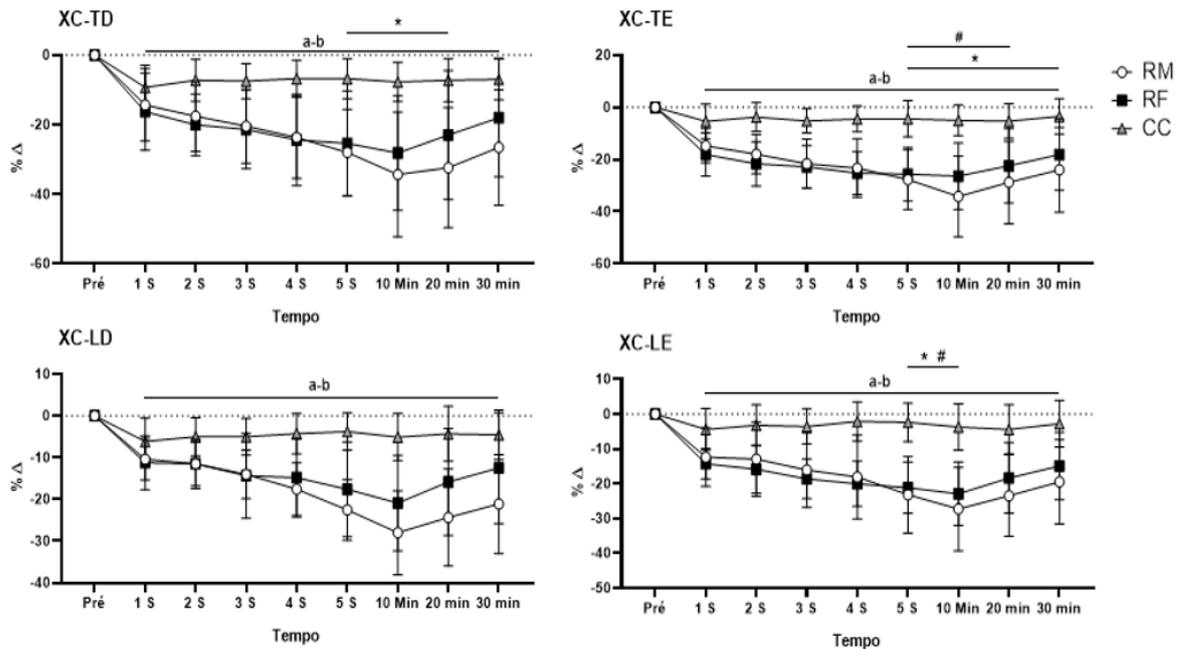
Para R na perspectiva transversal a condição RM e RF da perna direita apresentaram reduções significativas em comparação ao repouso, iniciando-se após a primeira série e mantendo-se até 20 minutos após o treino para RF e 30 minutos para RM. Para a perna esquerda, os resultados foram similares, ambas as condições mantiveram a diferença para repouso até 30 minutos após o treino (Figura 5).

A R na perspectiva longitudinal a condição RM e RF apresentaram redução a partir da primeira série e mantidas até os 30 minutos após o treino na perna direita. Na perna esquerda, a condição de RM apresentou reduções significativas a partir da primeira série e se manteve até 30 minutos após o treino. Já a condição RF apresentou reduções significativas após a segunda série e se manteve até 20 minutos (Figura 5).

Para XC transversal os resultados mostraram diferenças entre a condição RM e CC, a partir da quinta série mantidos até 20 minutos na perna direita e até 30 minutos na perna esquerda. Na perna esquerda também foi observado diferença entre RF e controle a partir da quinta série e mantido até 20 minutos. Houve uma redução significativa em comparação ao repouso nas condições de RM e RF, iniciando-se na primeira série e mantendo-se até 30 minutos após o treino (Figura 6). Para XC longitudinal foram observadas diferenças significativas em comparação a condição

CC a partir quinta série mantendo-se até 10 minutos após o treino para RF e até 20 minutos para RM. As reduções em comparação com o momento de repouso ocorreram na primeira série e se mantiveram até 30 minutos após o treino em ambas as condições e em ambas as pernas (Figura 6).

Figura 6 - Comportamento da Reatância para as diferentes condições

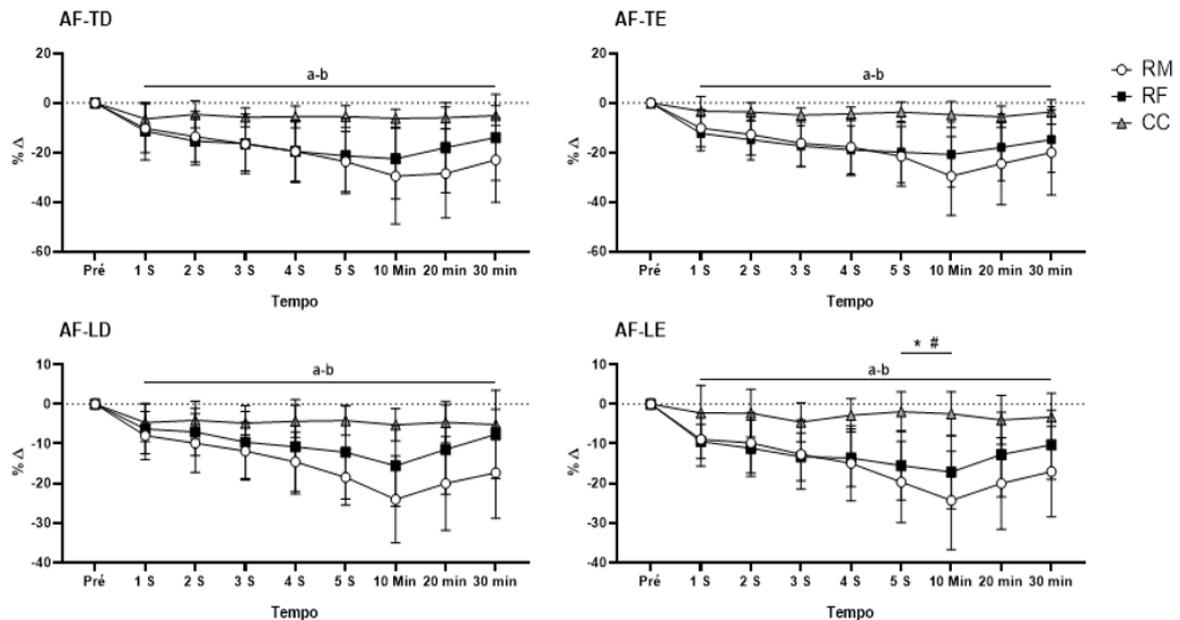


Fonte: Autor.

XC-TD = reatância perna direita transversal; XC -TE = reatância perna esquerda transversal; XC-LD = reatância perna direita longitudinal; XC -LE = reatância perna esquerda longitudinal; RM= repetição máxima; RF = repetição fixa; CC= controle. a = $P < 0,05$ diferença no RM em comparação com o repouso; b = diferença no RF em comparação com o repouso; * = diferença para RM vs CC; # = diferença para RF vs CC.

Para AF foram observadas reduções após a primeira série para as condições de RM e RF, mantendo-se até 30 minutos após o treino para ambos os eixos e pernas. Na perna esquerda na posição longitudinal foi observada diferenças na quinta série e 10 minutos após o treino, para RM e RF em comparação com CC (Figura 7).

Figura 7 - Comportamento o Ângulo de Fase para as diferentes condições



Fonte: Autor.

AF-TD = ângulo de fase perna direita transversal; AF -TE = ângulo de fase perna esquerda transversal; AF-LD = ângulo de fase perna direita longitudinal; AF -LE = ângulo de fase perna esquerda longitudinal; RM= repetição máxima; RF = repetição fixa; CC= controle. a = $P < 0,05$ diferença no RM em comparação com o repouso; b = diferença no RF em comparação com o repouso; * = diferença para RM vs CC; # = diferença para RF vs CC.

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito agudo e subagudo da EIM em diferentes condições de fadiga muscular no TF. Nós hipotetizamos que os parâmetros da EIM sofreriam maior redução e teriam uma recuperação mais lenta na condição RM.

Para as respostas agudas nossa hipótese foi refutada, pois as duas condições de treino apresentaram reduções similares dos parâmetros elétricos. Porém, para as respostas subagudas foram observados diferença entre as condições. A R transversal da perna direita e R longitudinal da esquerda apresentou uma recuperação mais lenta na condição de RM.

Como em achados anteriores, nossos dados mostraram que os parâmetros elétricos apresentaram reduções significativas após contração muscular (SHIFFMAN; AARON; RUTKOVE, 2003; ZAGAR; KRIZAJ, 2008; COUTINHO *et al.*, 2012; CLEMENTE *et al.*, 2014a, b; LI *et al.*, 2016; SANCHEZ *et al.*, 2016; SHIFFMAN, C. A., 2016; FREEBORN; FU, 2018; FU; FREEBORN, 2018; FREEBORN; FU, 2019; HUANG *et al.*, 2020). Alguns dos estudos utilizaram apenas uma condição de treino

com o objetivo observar como os parâmetros se comportavam (SHIFFMAN; AARON; RUTKOVE, 2003; ZAGAR; KRIZAJ, 2008; CLEMENTE *et al.*, 2014b, a; SANCHEZ *et al.*, 2016).

Estudos mais recentes compararam diferentes condições de treino com diferentes percentuais de carga tendo por objetivo avaliar alterações dos parâmetros elétricos em diferentes condições de fadiga. Nesse contexto, a hipótese era que condição com maior carga promovesse maiores reduções dos parâmetros da EIM, porém, não foram observadas diferenças entre as condições, sendo os resultados similares ao do nosso estudo (FREEBORN; FU, 2018; FU; FREEBORN, 2018; FREEBORN; FU, 2019; HUANG *et al.*, 2020).

Um aspecto importante nesses estudos é que todas as séries foram levadas até repetição máxima. Nesse sentido, as condições com menores percentuais de carga apresentaram um número maior de repetições. Por exemplo, no estudo de Fu e Freeborn (2018) 18 homens foram divididos em dois grupos: um grupo treinou 60% e outro com 75% de 1RM, ambas condições executaram 10 séries até a repetição máxima. Como esperado, a média do número de repetições foi diferentes entre as condições. No braço direito à condição de 60% apresentou média de 75,5 repetições, enquanto a condição de 75% uma média de 56,6 repetições.

Utilizando as cargas disponíveis no artigo é possível calcular o VT. Nessa medida a condição de 60% apresenta um valor de 17.250, enquanto que 75% apresenta 16.272, ou seja, volumes próximos. Para nível de comparação, o nosso estudo apresentou um VT para RM de 11.415,3 e RF de 7.288, valores menos em comparação com o outro estudo, mas com diferenças significativas entre si. Sabe-se que o volume é a variável mais associada com aumentos nos níveis de fadiga (BARAHONA-FUENTES; OJEDA; JEREZ-MAYORGA, 2020). Logo, mesmo que as condições apresentassem diferentes percentuais de carga, é possível que os níveis de fadiga tenham sido similares.

No TF a fadiga está relacionada com maiores volumes, sendo potencializada com a adição de repetição máxima (BARAHONA-FUENTES; OJEDA; JEREZ-MAYORGA, 2020; GOROSTIAGA *et al.*, 2012). Baseado nisso, essas foram as variáveis manipuladas em nosso estudo para comprara o efeito da fadiga sobre a EIM.

Em adicional, diferente dos estudos anteriores, nós avaliamos a fadiga neuromuscular e metabólica para se certificar que as condições apresentaram

diferentes estados de fadiga. Corroborando com a literatura, nossos dados mostraram que a manipulação dessas variáveis foi capaz de promover diferentes estados de fadiga neuromuscular e metabólica (BARAHONA-FUENTES; OJEDA; JEREZ-MAYORGA, 2020; GOROSTIAGA *et al.*, 2012).

A condição RM apresentou redução significativa de altura e potência muscular no SVC e maiores aumentos de LAC, porém, diferentes dos indicadores de fadiga, os parâmetros elétricos não apresentaram diferença entre as condições. Isto indica que os parâmetros elétricos não sejam sensíveis a intensidade do estímulo, indicando que essas alterações possam estar relacionadas a uma alteração estrutural do tecido.

Nosso estudo também acompanhou o período de recuperação da EIM após o TF. A R transversal da perna direita na condição RM apresentou uma recuperação mais lenta quando comparada a condição RF. A R é descrita como uma oposição tecidual a passagem elétrica, influenciada principalmente pela quantidade de água intra e extra celular (KYLE *et al.*, 2004). Em condições de maior volume de treino, conseqüentemente maior estresse metabólico, como a condição RM, o fluxo de líquido e metabólitos tende a ser maior (GOROSTIAGA *et al.*, 2012; FONSECA *et al.*, 2020). Logo, a queda e manutenção de baixos valores de R na condição RM podem indicar um fluxo maior de água para a região muscular treinada, promovendo edema muscular.

Relações similares foram observadas em estudos anteriores. Por exemplo, uma das características de lesão muscular é a presença de edema acentuado, atletas lesionados apresentaram valores de R, Xc e AF menores em comparação com jogadores saudáveis, e os valores aumentaram durante o tratamento da lesão (NESCOLARDE *et al.*, 2013).

Acompanhando os achados anteriores, recentemente Freeborn, Regard e Fu (2020) demonstraram que R e a XC apresentaram redução e associação significativa na presença de edema muscular após treinamento excêntrico. Esses achados podem indicar que a EIM pode não ser tão sensível para respostas agudas, porém pode ser um indicador para monitoramento de repostas subagudas.

CONCLUSÃO

Os parâmetros elétricos da EIM apresentaram respostas agudas similares em diferentes condições de fadiga e uma recuperação mais lenta da R para a condição de maior fadiga. Isto indica que a EIM apresenta baixa sensibilidade para indicação de fadiga em comparação com métodos já estabelecidos, porém, pode ser um indicador promissor para respostas subagudas.

REFERÊNCIAS

AARON, Ronald *et al.* Effects of age on muscle as measured by electrical impedance myography. **Physiological Measurement**, v. 27, n. 10, p. 953–959, 2006.

BARAHONA-FUENTES, Guillermo D.; OJEDA, Álvaro Huerta; JEREZ-MAYORGA, Daniel. Effects of different methods of strength training on indicators of muscle fatigue during and after strength training: A systematic review. **Motriz. Revista de Educaçao Fisica**, v. 26, n. 3, 2020.

BEZERRA, Ewertton *et al.* Variabilidade da carga no teste de 10RM em indivíduos treinados. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)**, v. 3, n. 18, p. 6, 2009.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. Accurate Assessment of Muscular Strength and Power JEPonline Journal of Exercise Physiologyonline. ASEP Procedures Recommendation ASEP PROCEDURES RECOMMENDATION I: ACCURATE ASSESSMENT OF MUSCULAR STRENGTH AND POWER. **International Electronic Journal**, v. 4, 2001.

CASTIZO-OLIER, J., Irurtia *et al.* Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: systematic review and future perspectives. **PLoS ONE**, v. 12, n. 740877, p. 1-25, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197957>. Acesso em:

CLEMENTE, Fabrizio *et al.* EIS measurements for characterization of muscular tissue by means of equivalent electrical parameters. **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, v. 58, p. 476–482, 2014a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2014.09.013>. Acesso em:

CLEMENTE, Fabrizio *et al.* Study of muscular tissue in different physiological conditions using electrical impedance spectroscopy measurements. **Biocybernetics and Biomedical Engineering**, v. 34, n. 1, p. 4–9, 2014b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbe.2013.10.004>. Acesso em:

COUTINHO, A. B.B. *et al.* Behaviour of the electrical impedance myography in isometric contraction of biceps brachii at different elbow joint angles. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 407, n. 1, 2012. Acesso em:

FONSECA, Fabiano S. *et al.* Acute effects of equated volume-load resistance training leading to muscular failure versus non-failure on neuromuscular performance. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 18, n. 2, p. 94–100, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.01.004>. Acesso em:

FREEBORN, Todd J.; FU, Bo. Fatigue-induced cole electrical impedance model changes of biceps tissue bioimpedance. **Fractal and Fractional**, v. 2, n. 4, p. 1–13, 2018.

FREEBORN, Todd J.; FU, Bo. Time-course bicep tissue bio-impedance changes throughout a fatiguing exercise protocol. **Medical Engineering and Physics**, v. 69,

p. 109–115, 2019.

FREEBORN, Todd J.; REGARD, Gabriella; FU, Bo. Localized bicep tissue bioimpedance alterations following eccentric exercise in healthy young adults. **IEEE Access**, v. 8, p. 23100–23109, 2020.

FU, Bo; FREEBORN, Todd J. Biceps tissue bioimpedance changes from isotonic exercise-induced fatigue at different intensities. **Biomedical Physics and Engineering Express**, v. 4, n. 2, 2018.

GOROSTIAGA, Esteban M. *et al.* Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. **PLoS ONE**, v. 7, n. 7, 2012.

HOBSON-WEBB, Lisa D. *et al.* Point of care quantitative assessment of muscle health in older individuals: An investigation of quantitative muscle ultrasound and electrical impedance myography techniques. **Geriatrics (Switzerland)**, v. 3, n. 4, p. 1–13, 2018.

HUANG, L. K. *et al.* Electrical Impedance Myography Applied to Monitoring of Muscle Fatigue during Dynamic Contractions. **IEEE Access**, v. 8, p. 13056–13065, 2020.

KYLE, Ursula G. *et al.* Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. **Clinical Nutrition**, v. 23, n. 5, p. 1226–1243, 2004.

LACERDA, L Ucas T L *et al.* Variations in repetition duration and Repetition numbers influence muscular Activation and blood lactate response in Protocols equalized by time under tension. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 251–258, 2016.

LAURENT, C. M. *et al.* A practical approach to monitoring recovery: Development of a perceived recovery status scale. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 3, p. 620–628, mar. 2011.

LI, J. *et al.* Electrical impedance myography for the in vivo and ex vivo assessment of muscular dystrophy (mdx) mouse muscle. **Muscle and Nerve**, v. 49, n. 6, p. 829–835, 2014.

LI, Le *et al.* Localized electrical impedance myography of the biceps brachii muscle during different levels of isometric contraction and fatigue. **Sensors (Switzerland)**, v. 16, n. 4, 2016.

MARCHETTI, Paulo Henrique; CESHINI, Fábio Luiz. Validação Do Tapete De Contato Na Mensuração Da Altura Do Salto Em Jogadores De Basquete De Elite
Validity of Contact Mat for Measuring Jump Height in Elite Basketball Players.
Revista de Atenção à Saúde (antiga Rev. Bras. Ciên. Saúde), v. 7, n. 21, 2010.
Disponível em:
http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_ciencias_saude/article/view/294. Acesso em:

MARTINEZ-GONZALEZ, Mariano *et al.* Intra- and inter-rater reliability of electrical

impedance myography using adhesive electrodes in healthy volunteers. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 55, n. July, p. 102456, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102456>. Acesso em:

NESCOLARDE, L. *et al.* Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. **Physiological Measurement**, v. 36, n. 1, p. 27–42, 2015.

NESCOLARDE, L. *et al.* Localized bioimpedance to assess muscle injury. **Physiological Measurement**, v. 34, n. 2, p. 237–245, 2013.

OLIVEIRA, Mariana Paulino *et al.* Effect of different rest interval lengths on the countermovement jump. **Journal of Physical Education (Maringá)**, v. 29, n. 1, p. 1–9, 2018.

RUTKOVE, Seward B.; AARON, Ronald; SHIFFMAN, Carl A. Localized bioimpedance analysis in the evaluation of neuromuscular disease. **Muscle and Nerve**, v. 25, n. 3, p. 390–397, 2002.

SANCHEZ, Benjamin *et al.* During Electrically Induced Muscle Contraction. **Neurotherapeutics**, v. 63, n. 8, p. 1602–1612, 2016.

SANCHEZ, Benjamin; RUTKOVE, Seward B. Electrical Impedance Myography and Its Applications in Neuromuscular Disorders. **Neurotherapeutics**, v. 14, n. 1, p. 107–118, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13311-016-0491-x>. Acesso em:

SHIFFMAN, C. A. Pre-contraction dynamic electrical impedance myography of the forearm finger flexors. **Physiological Measurement**, v. 37, n. 2, p. 291–313, 2016.

SHIFFMAN, Carl A.; AARON, Ronald; RUTKOVE, Seward B. Electrical impedance of muscle during isometric contraction. **Physiological Measurement**, v. 24, n. 1, p. 213–234, 2003.

WALKER, Simon. Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. **J Electromyogr Kinesiol**, n. April 2018, 2012.

WU, Jim S. *et al.* Assessment OF aged mdx mice by electrical impedance myography and magnetic resonance imaging. **Muscle and Nerve**, v. 52, n. 4, p. 598–604, 2015.

ZAGAR, T.; KRIZAJ, D. Multivariate analysis of electrical impedance spectra for relaxed and contracted skeletal muscle. **Physiological Measurement**, v. 29, n. 6, 2008.

ZAIMAN, C. M. *et al.* Electrical impedance myography in duchenne muscular dystrophy and healthy controls: A multicenter study of reliability and validity. **Muscle and Nerve**, v. 52, n. 4, p. 592–597, 1 out. 2015.

7 CONCLUSÃO

Os parâmetros elétricos da EIM apresentaram respostas agudas similares em diferentes condições de fadiga e uma recuperação mais lenta da R para a condição de maior fadiga. Isto indica que a EIM apresenta baixa sensibilidade para indicação de fadiga em comparação com método já estabelecidos, porém pode ser um indicador promissor para respostas subagudas.

8 PERSPECTIVAS

Para uma compreensão mais consistente sobre a relação da EIM e fadiga muscular serão necessários estudos que investiguem de forma mais profunda os possíveis mecanismos fisiológicos que expliquem as reduções agudas após contrações musculares. Para além disso, nossos dados indicam que estudos focados em respostas subagudas podem ser mais promissores, principalmente se desenvolvidos no monitoramento de treino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARON, Ronald *et al.* Effects of age on muscle as measured by electrical impedance myography. **Physiological Measurement**, v. 27, n. 10, p. 953–959, 2006.

ARANTES, Victor Hugo F. *et al.* Skeletal muscle hypertrophy: molecular and applied aspects of exercise physiology. **German Journal of Exercise and Sport Research**, v. 50, n. 2, p. 195–207, 2020.

BARAHONA-FUENTES, Guillermo D.; OJEDA, Álvaro Huerta; JEREZ-MAYORGA, Daniel. Effects of different methods of strength training on indicators of muscle fatigue during and after strength training: A systematic review. **Motriz. Revista de Educaçao Fisica**, v. 26, n. 3, 2020.

BEZERRA, Ewertton *et al.* Variabilidade da carga no teste de 10RM em indivíduos treinados. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)**, v. 3, n. 18, p. 6, 2009.

BOURDON, Pitre C. *et al.* Monitoring athlete training loads: Consensus statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, p. 161–170, 2017.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. Accurate Assessment of Muscular Strength and Power JEPonline Journal of Exercise Physiologyonline ASEP Procedures Recommendation ASEP PROCEDURES RECOMMENDATION I: ACCURATE ASSESSMENT OF MUSCULAR STRENGTH AND POWER. *International Electronic Journal*, v. 4, 2001.
LAGALLY, K. M.; ROBERTSON, R. J. Construct validity of the OMNI Resistance Exercise Scale. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 2, p. 252–256, maio 2006.

CÈ, Emiliano *et al.* Peripheral fatigue: new mechanistic insights from recent technologies. **European Journal of Applied Physiology**, v. 120, n. 1, p. 17–39, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04264-w>. Acesso em:

CLEMENTE, Fabrizio *et al.* EIS measurements for characterization of muscular tissue by means of equivalent electrical parameters. **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, v. 58, p. 476–482, 2014a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2014.09.013>.

CLEMENTE, Fabrizio *et al.* Study of muscular tissue in different physiological conditions using electrical impedance spectroscopy measurements. **Biocybernetics and Biomedical Engineering**, v. 34, n. 1, p. 4–9, 2014b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbe.2013.10.004>.

COUTINHO, A. B.B. *et al.* Behaviour of the electrical impedance myography in isometric contraction of biceps brachii at different elbow joint angles. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 407, n. 1, 2012.

COUTINHO, A. B.B. *et al.* Invasive electrical impedance myography at different

levels of contraction of gastrocnemius muscle of rat. **Review of Scientific Instruments**, v. 91, n. 8, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/1.5131631>.

CURRELL, Kevin; JEUKENDRUP, Asker. Validity, Reliability and Sensitivity of Measures of Sporting Performance LK - <https://rug.on.worldcat.org/oclc/367041412>. **Sports Medicine TA - TT** -, v. 38, n. 4, p. 297–316, 2008.

DE LORENZO, A. *et al.* Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: A technological review. **Journal of Applied Physiology**, v. 82, n. 5, p. 1542–1558, 1997.

DOS SANTOS, Leandro *et al.* Effects of resistance training with different pyramid systems on bioimpedance vector patterns, body composition, and cellular health in older women: A randomized controlled trial. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 16, 2020.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

FONSECA, Fabiano S. *et al.* Acute effects of equated volume-load resistance training leading to muscular failure versus non-failure on neuromuscular performance. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 18, n. 2, p. 94–100, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.01.004>. Acesso em:

FREEBORN, Todd J.; FU, Bo. Fatigue-induced cole electrical impedance model changes of biceps tissue bioimpedance. **Fractal and Fractional**, v. 2, n. 4, p. 1–13, 2018.

FREEBORN, Todd J.; FU, Bo. Time-course bicep tissue bio-impedance changes throughout a fatiguing exercise protocol. **Medical Engineering and Physics**, v. 69, p. 109–115, 2019.

FREEBORN, Todd J.; REGARD, Gabriella; FU, Bo. Localized bicep tissue bioimpedance alterations following eccentric exercise in healthy young adults. **IEEE Access**, v. 8, p. 23100–23109, 2020.

FREGONASSE, Tadeu *et al.* Predictive Accuracy of Bioimpedance Method for Assessing Body Composition of Brazilian Menopause Women. **Fitness & Performance Journal**, v. 2, n. 2, p. 97–102, 2003.

FU, Bo; FREEBORN, Todd J. Biceps tissue bioimpedance changes from isotonic exercise-induced fatigue at different intensities. **Biomedical Physics and Engineering Express**, v. 4, n. 2, 2018.

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

GEISBUSH, Tom R. *et al.* Inter-session reliability of electrical impedance myography in children in a clinical trial setting. **Clinical Neurophysiology**, v. 126, n. 9, p. 1790–

1796, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2014.11.017>. Acesso em:

GOROSTIAGA, Esteban M. *et al.* Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. **PLoS ONE**, v. 7, n. 7, 2012.

HOBSON-WEBB, Lisa D. *et al.* Point of care quantitative assessment of muscle health in older individuals: An investigation of quantitative muscle ultrasound and electrical impedance myography techniques. **Geriatrics (Switzerland)**, v. 3, n. 4, p. 1–13, 2018.

HONORATO, Renêe de Caldas *et al.* Test-retest reliability of electrical impedance myography in hamstrings of healthy young men. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 56, n. October 2020, 2021a.

HONORATO, Renêe de Caldas *et al.* Test-retest reliability of electrical impedance myography in hamstrings of healthy young men. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 56, n. November 2020, 2021b.

HUANG, L. K. *et al.* Electrical Impedance Myography Applied to Monitoring of Muscle Fatigue during Dynamic Contractions. **IEEE Access**, v. 8, p. 13056–13065, 2020.

IZQUIERDO, M. *et al.* Neuromuscular fatigue after resistance training. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 8, p. 614–623, 2009.

JOTTA, B. *et al.* Lactate threshold by muscle electrical impedance in professional rowers. **Review of Scientific Instruments**, v. 88, n. 4, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4979072>. Acesso em:

JUKIC, Ivan *et al.* Acute Effects of Cluster and Rest Redistribution Set Structures on Mechanical, Metabolic, and Perceptual Fatigue During and After Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 50, n. 12, p. 2209–2236, 2020.

KYLE, Ursula G. *et al.* Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. **Clinical Nutrition**, v. 23, n. 5, p. 1226–1243, 2004.

LACERDA, L Ucas T L *et al.* Variations in repetition duration and Repetition numbers influence muscular Activation and blood lactate response in Protocols equalized by time under tension. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 251–258, 2016.

LAURENT, C. M. *et al.* A practical approach to monitoring recovery: Development of a perceived recovery status scale. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 3, p. 620–628, mar. 2011.

LI, J. *et al.* Electrical impedance myography for the in vivo and ex vivo assessment of muscular dystrophy (mdx) mouse muscle. **Muscle and Nerve**, v. 49, n. 6, p. 829–835, 2014.

LI, Le *et al.* Localized electrical impedance myography of the biceps brachii muscle during different levels of isometric contraction and fatigue. **Sensors (Switzerland)**, v. 16, n. 4, 2016.

MAESTRONI, Luca *et al.* The Benefits of Strength Training on Musculoskeletal System Health: Practical Applications for Interdisciplinary Care. **Sports Medicine**, v. 50, n. 8, p. 1431–1450, 2020.

MARCHETTI, Paulo Henrique; CESCHINI, Fábio Luiz. Validação Do Tapete De Contato Na Mensuração Da Altura Do Salto Em Jogadores De Basquete De Elite
Validity of Contact Mat for Measuring Jump Height in Elite Basketball Players. **Revista de Atenção à Saúde (antiga Rev. Bras. Ciên. Saúde)**, v. 7, n. 21, 2010.

MARTINEZ-GONZALEZ, Mariano *et al.* Intra- and inter-rater reliability of electrical impedance myography using adhesive electrodes in healthy volunteers. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 55, n. July, p. 102456, 2020.

MEDICAL, Wales; HOSPITAL, Wales. **Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue**. n. November 2001, 2016.

MORISHITA, Shinichiro *et al.* Relationship between the rating of perceived exertion scale and the load intensity of resistance training. **Strength and Conditioning Journal**, v. 40, n. 2, p. 94–109, 2018.

MORTON, Robert W.; COLENSO-SEMPLE, Lauren; PHILLIPS, Stuart M. Training for strength and hypertrophy: an evidence-based approach. **Current Opinion in Physiology**, v. 10, p. 90–95, 2019.

NESCOLARDE, L. *et al.* Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. **Physiological Measurement**, v. 36, n. 1, p. 27–42, 2015.

NESCOLARDE, L. *et al.* Localized bioimpedance to assess muscle injury. **Physiological Measurement**, v. 34, n. 2, p. 237–245, 2013.

OLIVEIRA, Mariana Paulino *et al.* Effect of different rest interval lengths on the countermovement jump. **Journal of Physical Education (Maringa)**, v. 29, n. 1, p. 1–9, 2018.

REGARD, Gabriella; FREEBORN, Todd J. Biceps Tissue Electrical Resistance and Circumference Changes Following an Eccentric Exercise Protocol. **Conference Proceedings - IEEE SOUTHEASTCON**, v. 2019- April, 2019.

RUTKOVE, Seward B. *et al.* Test-retest reproducibility of 50 kHz linear-electrical impedance myography. **Clinical Neurophysiology**, v. 117, n. 6, p. 1244–1248, 2006.

RUTKOVE, Seward B.; AARON, Ronald; SHIFFMAN, Carl A. Localized bioimpedance analysis in the evaluation of neuromuscular disease. **Muscle and Nerve**, v. 25, n. 3, p. 390–397, 2002.

SANCHEZ, Benjamin *et al.* During Electrically Induced Muscle Contraction. **Neurotherapeutics**, v. 63, n. 8, p. 1602–1612, 2016.

SANCHEZ, Benjamin; RUTKOVE, Seward B. Electrical Impedance Myography and Its Applications in Neuromuscular Disorders. **Neurotherapeutics**, v. 14, n. 1, p. 107–118, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13311-016-0491-x>>.

SCOTT, Brendan R. *et al.* Training Monitoring for Resistance Exercise: Theory and Applications. **Sports Medicine**, v. 46, n. 5, p. 687–698, 2016.

SHIFFMAN, C. A. Pre-contraction dynamic electrical impedance myography of the forearm finger flexors. **Physiological Measurement**, v. 37, n. 2, p. 291–313, 2016.

SHIFFMAN, Carl A.; AARON, Ronald; RUTKOVE, Seward B. Electrical impedance of muscle during isometric contraction. **Physiological Measurement**, v. 24, n. 1, p. 213–234, 2003.

SUCHOMEL, Timothy J.; NIMPHIUS, Sophia; STONE, Michael H. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. **Sports Medicine**, v. 46, n. 10, p. 1419–1449, 2016.

SUNDBERG, Christopher W; FITTS, Robert H. Bioenergetic basis of skeletal muscle fatigue. **Current Opinion in Psychology**, v. 10, p. 118–127, 2019.

TAYLOR, Janet L; GANDEVIA, Simon C. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 02, p. 542–550, 2008.

WALKER, Simon. Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. **J Electromyogr Kinesiol** n. April 2018, 2012.

WU, Jim S. *et al.* Assessment OF aged mdx mice by electrical impedance myography and magnetic resonance imaging. **Muscle and Nerve**, v. 52, n. 4, p. 598–604, 2015.

ZAGAR, T.; KRIZAJ, D. Multivariate analysis of electrical impedance spectra for relaxed and contracted skeletal muscle. **Physiological Measurement**, v. 29, n. 6, 2008.

ZAIDMAN, C. M. *et al.* Electrical impedance myography in duchenne muscular dystrophy and healthy controls: A multicenter study of reliability and validity. **Muscle and Nerve**, v. 52, n. 4, p. 592–597, 1 out. 2015.

ZAJĄC, Adam *et al.* Central and peripheral fatigue during resistance exercise - A critical review. **Journal of Human Kinetics**, v. 49, n. 1, p. 159–169, 2015.

ZANFORLINI, Bruno M. *et al.* Phase angle and metabolic equivalents as predictors of frailty transitions in advanced age. **Experimental Gerontology**, v. 122, n. February, p. 47–52, 2019.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Eu: _____
_____, com o RG: _____ estou sendo convidado a participar de um estudo denominado: EFEITOS DE REPETIÇÃO MÁXIMA E REPETIÇÃO DE RESERVA EM DIFERENTES MARCADORES DE FADIGA MUSCULAR, cujos objetivos e justificativas são: Identificar se a impedância bioelétrica miográfica é capaz de detectar os efeitos fisiológicos da fadiga muscular no contexto do treinamento resistido.

A minha participação no referido estudo será no sentido de executar avaliações (Escalas, Metabólicas, Potência e Força) e as intervenções (5 series de repetições máximas e 5 series de 8 repetições)

Fui alertado de que, da pesquisa a se realizar, posso esperar alguns benefícios, tais como: como avaliações de composição corporal (ex: % de gordura) e avaliações musculares (Potência, Força e Qualidade muscular).

Recebi, por outro lado, os esclarecimentos necessários sobre os possíveis desconfortos e riscos decorrentes do estudo, levando-se em conta que é uma pesquisa, e os resultados positivos ou negativos somente serão obtidos após a sua realização. Assim, como a necessidade de uma pequena perfuração no dedo para a coleta sanguínea, que pode gerar um algum desconforto. Dores musculares de característica tardia (no dia seguinte, ou dias seguintes ao treino) devido ao estímulo das intervenções.

Sabendo que todos os materiais utilizados para a coleta sanguínea serão de uso único e devidamente descartados em recipiente adequado de paredes rígidas para evitar acidentes. E por fim os materiais serão encaminhados para descarte seguindo as normas de biossegurança

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo. Todos os materiais utilizados para a coleta sanguínea serão de uso único devidamente descartados

Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de, por

desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são: Valdevane Rocha Araújo, Professor da Universidade Estadual do Ceará (UECE) e Orientadora do Programa de Pós Graduação em Biotecnologia (UFC); Dalton Alves, Mestrando em Biotecnologia pela Universidade Federal do Ceará (UFC); Taisa Menezes, Graduanda em Educação Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Kássio Menezes, Graduando em Educação Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC). E poderei manter contato pelos telefones: (85) 98613-5566 / (85) 9924-8426 / (85) 8572-0558.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

No entanto, caso eu tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento na forma seguinte: mediante depósito em contracorrente. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da minha participação no estudo, serei devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Fortaleza ____ de _____ de 2020.

Nome e assinatura do sujeito da pesquisa

Nome(s) e assinatura(s) do(s) pesquisador(es) responsável(responsáveis)

Dados do pesquisador responsável

Nome: Francisco Dalton Alves de Oliveira, Telefone: (85) 986135569,

E-mail: dltoalves@outlook.com

Endereço: R. Cel. Estanislau Frota, 563 - Centro, Sobral - CE, 62010-560

Dados do CEP/UECE

Telefone: 3101.9890, E-mail: cep@uece.br

Endereço: Av. Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi, Fortaleza-CE

CEP: 60.714.903, Horário de funcionamento - 08:00 às 17:00, seg - sex

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA
(PAR-Q)**

Este questionário tem o objetivo de identificar a necessidade de avaliação por um médico antes do início da atividade física. Caso você responda “SIM” a uma ou mais perguntas, converse com seu médico ANTES de aumentar seu nível atual de atividade física. Mencione este questionário e as perguntas às quais você respondeu “SIM”. Por favor, assinale “SIM” ou “NÃO” às seguintes perguntas:

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

SIM NÃO

2. Você sente dores no peito quando pratica atividade física?

SIM NÃO

3. No último mês, você sentiu dores no peito quando praticou atividade física?

SIM NÃO

4. Você apresenta desequilíbrio devido à tontura e/ ou perda de consciência?

SIM NÃO

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

SIM NÃO

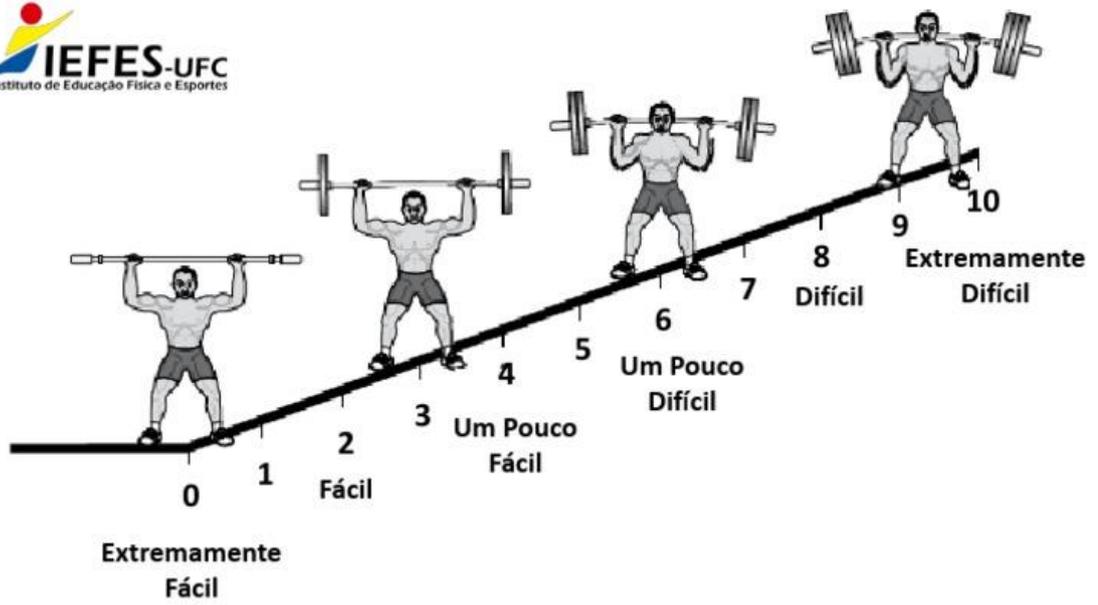
6. Você toma atualmente algum medicamento para pressão arterial e/ou problema de coração?

SIM NÃO

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

SIM NÃO

APÊNDICE D – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE)

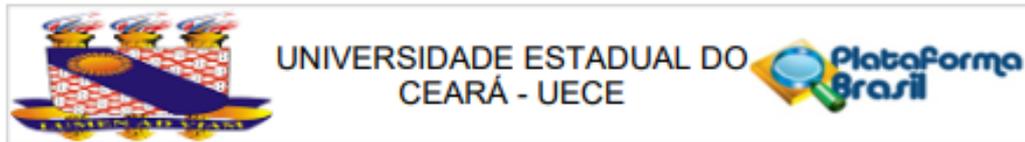


Robertson, (2004)

**APÊNDICE E – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE RECUPERAÇÃO
(PSR)**

OMNI	Escala de Percepção de Recuperação	Expectativa
10	Muito Bem Recuperado / Altamente Energético	Expectativa de Desempenho Aumentado
9		
8	Bem Recuperado / Um pouco Energético	
7		
6	Moderadamente Recuperado	Expectativa de Desempenho Similar
5	Adequadamente Recuperado	
4	Um Pouco Recuperado	
3		
2	Não Bem Recuperado / Um pouco Cansado	Expectativa de Desempenho Diminuído
1		
0	Muito Mal Recuperado / Extremamente Cansado	

APÊNDICE F – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeitos de Repetição Máxima e Repetição de Reserva em Diferentes Marcadores de Fadiga Muscular.

Pesquisador: FRANCISCO DALTON ALVES DE OLIVEIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 47849621.9.0000.5534

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.132.222

Apresentação do Projeto:

O estudo propões avaliar a eficácia da Impedância Bioelétrica Miográfica para detectar alterações de fadiga muscular no treinamento resistido levado até repetição máxima. As participantes serão 15 mulheres, com idade entre 18 e 30 anos, praticantes de treinamento resistido à pelo menos 3 meses e que tenham em suas rotinas de treino o exercício Leg Press 45° em uma academia .

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar a capacidade da impedância bioelétrica em mensurar alterações de fadiga neuromuscular e metabólica no treinamento resistido em mulheres jovens.

Objetivo Secundário:

- Verificar o efeito agudo do treinamento resistido com repetição máxima e sem repetição máxima sobre a Impedância Bioelétrica Miográfica;
- Avaliar o efeito agudo do treinamento resistido com repetição máxima e sem repetição máxima nas concentrações lactacidêmicas;
- Avaliar o efeito agudo do treinamento resistido com repetição máxima e sem repetição máxima na potência muscular;
- Avaliar as alterações do treinamento resistido com repetição máxima e sem repetição máxima na percepção subjetiva de esforço;

Endereço: Av. Silas Munguba, 1700

Bairro: Itaperi

CEP: 60.714-903

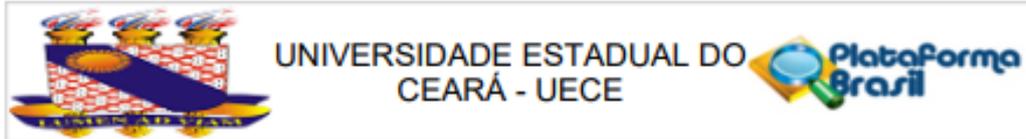
UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3101-9890

Fax: (85)3101-9906

E-mail: cep@uece.br



Continuação do Parecer: 5.132.222

- Relacionar as alterações da Impedância Bioelétrica Miográfica nas diferentes condições, com as mudanças lactacidêmicas, de potência muscular e percepção subjetiva de esforço.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

As participantes podem sentir desconforto muscular, tontura, ânsia de vômito, além do risco de lesão osteomioarticular, contudo é importante ressaltar que todos os avaliadores participaram de encontros para as devidas orientações sobre os riscos e como minimizá-los ao longo das avaliações.

Benefícios:

As voluntárias tem acesso as suas avaliações realizadas durante o estudo, incluindo medidas antropométricas, dobras cutâneas, valores de glicemia, lactacidemia, força neuromuscular, além dos valores de referência para o exercício Leg Press 45° que podem ser utilizados posteriormente. Já com relação aos parâmetros funcionais, devido a prática regular das voluntárias, mesmo o estudo tendo um caráter agudo, o mesmo irá contribuir para dá continuidade as adaptações advindas do treinamento de cada participante, elevando a ventilação pulmonar, redução dos níveis de pressão arterial, aumento do fluxo sanguíneo, hipertrofia muscular esquelética e entre outros.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante por intentar avaliar a eficácia de uma tecnologia para treinamento muscular.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

os termos de apresentação obrigatória estão em conformidade com a Resolução 466 CONEP

Recomendações:

Envio do relatório final ao término da pesquisa

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

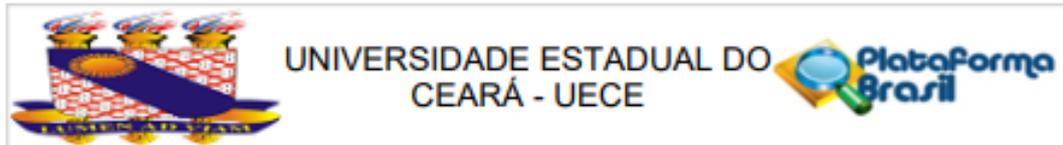
Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Outros	aceite.pdf	28/11/2021 10:51:10	ISAAC NETO GOES DA SILVA	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_P ROJETO_1749620.pdf	20/09/2021 17:31:45		Aceito

Endereço: Av. Silas Munguba, 1700
 Bairro: Itaperi CEP: 60.714-903
 UF: CE Município: FORTALEZA
 Telefone: (85)3101-9890 Fax: (85)3101-9906 E-mail: cep@uece.br



Continuação do Parecer: 5.132.222

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	20/09/2021 17:29:02	FRANCISCO DALTON ALVES DE OLIVEIRA	Aceito
Orçamento	Arquivo.docx	20/09/2021 17:21:22	FRANCISCO DALTON ALVES DE OLIVEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	20/09/2021 17:19:21	FRANCISCO DALTON ALVES DE OLIVEIRA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_1.docx	20/09/2021 17:18:36	FRANCISCO DALTON ALVES DE OLIVEIRA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_assinado.pdf	20/09/2021 16:57:33	FRANCISCO DALTON ALVES DE OLIVEIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 28 de Novembro de 2021

Assinado por:
ISAAC NETO GOES DA SILVA
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Silas Munguba, 1700
 Bairro: Itaperi CEP: 60.714-903
 UF: CE Município: FORTALEZA
 Telefone: (85)3101-9890 Fax: (85)3101-9906 E-mail: cep@uece.br