

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E FISIOTERAPIA

CRISTIANO ANTÔNIO DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE BIOMECÂNICA E ELETROMIOGRÁFICA DO AGACHAMENTO
LIVRE COM BARRA ALTA NAS COSTAS ENTRE AS CONDIÇÕES DE PÉS
DESCALÇOS E CALÇADOS: UM ESTUDO EM MULHERES**

UBERLÂNDIA

2023

CRISTIANO ANTÔNIO DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE BIOMECÂNICA E ELETROMIOGRÁFICA DO AGACHAMENTO
LIVRE COM BARRA ALTA NAS COSTAS ENTRE AS CONDIÇÕES DE PÉS
DESCALÇOS E CALÇADOS: UM ESTUDO EM MULHERES**

Trabalho de Conclusão de Curso entregue a Faculdade de Educação Física e Fisioterapia (FAEFI), curso de Licenciatura e Bacharelado em Educação Física, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como requisito para obtenção dos títulos de licenciado e bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Fernandes Crozara

UBERLÂNDIA

2023

CRISTIANO ANTÔNIO DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE BIOMECÂNICA E ELETROMIOGRÁFICA DO AGACHAMENTO
LIVRE COM BARRA ALTA NAS COSTAS ENTRE AS CONDIÇÕES DE PÉS
DESCALÇOS E CALÇADOS: UM ESTUDO EM MULHERES**

Trabalho de Conclusão de Curso entregue a Faculdade de Educação Física e Fisioterapia (FAEFI), curso de licenciatura e bacharelado em Educação Física, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como requisito para obtenção dos títulos de licenciado e bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Fernandes Crozara

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luciano Fernandes Crozara
Orientador – FAEFI/UFU

Prof. Dr. Márcio Fagundes Goethel
Examinador – FADE/UP

Prof. Dr. Frederico Balbino Lizardo
Examinador – ICBIM/UFU

90

Nota

UBERLÂNDIA

2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Iane Ulhoa Faria, pessoa que sempre esteve ao meu lado antes e durante todo o processo da graduação. E ao nosso filho, Gael Ulhoa de Oliveira Faria.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por ter me guiado e protegido, me dando sabedoria e força.

À Iane Ulhoa Faria, minha companheira de vida e estudos, por trazer conforto e equilíbrio nos momentos difíceis.

À Ana Paula e ao Iano, por acreditarem em mim e me darem suporte quando eu precisei.

À Niara e ao Igor, por estarem sempre ao meu lado, acreditando e torcendo pelo meu sucesso.

Ao tio Carlos, amigo que sempre me apoiou, ajudou e incentivou a não desistir.

À Mirley, amiga sempre presente em todo meu processo de graduação, me inspirando a seguir.

À minha mãe, Maria, e aos meus irmãos, Cleyton e Kelly, por serem a minha família.

À Wisley e Douglas, amigos do começo da minha trajetória em educação física na Universidade Federal de Goiás (UFG), no *campus* de Catalão/GO.

À Ana Bárbara, Camila e Gislayne, amigas que me acolheram na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) quando da minha transferência.

À 26ª turma de educação física da UFG e à 86ª turma de educação física da UFU, em nome das quais eu agradeço aos colegas e professores que compartilharam comigo a vida acadêmica.

Ao professor Luciano Fernandes Crozara, por acreditar nas possibilidades desse trabalho e aceitar orientá-lo.

Aos técnicos do Laboratório de Eletromiografia Cinesiológica da UFU (LABEC), José e Mário, fundamentais para a coleta de dados dessa pesquisa.

Às 31 voluntárias que tornaram possível esse projeto.

Aos professores membros da banca examinadora por aceitarem avaliar esse trabalho de conclusão de curso.

RESUMO:

Introdução: Pesquisas sobre os efeitos do uso ou não de calçado na biomecânica e na ativação muscular durante o agachamento ganharam interesse nos últimos anos. No entanto, ainda existem lacunas no conhecimento que precisam ser preenchidas. **Objetivo:** Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito do uso ou não de calçado no equilíbrio e estabilidade e no nível de ativação muscular durante a execução do movimento de agachamento livre com barra alta nas costas. **Métodos:** A amostra deste estudo foi composta por 31 mulheres (idade (anos): $34 \pm 19,79$; massa corporal: (kg) $64,5 \pm 13,43$; estatura (cm): $165,5 \pm 10,60$; numeração dos pés (Br): $36,48 \pm 2,12$; tempo de musculação (anos): $3,88 \pm 7,07$). O exercício realizado foi o agachamento livre com barra alta nas costas. Foi registrado o sinal eletromiográfico de superfície (EMG) dos músculos glúteo máximo (Glu), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM), cabeça longa do bíceps femoral (BF), tibial anterior (TA), gastrocnêmio lateral (GL), gastrocnêmio medial (Gm) e eretor da espinha (EE). O equilíbrio e a estabilidade foram avaliados a partir da análise de parâmetros espaciais e temporais do centro de pressão (CP) durante a realização do agachamento. **Resultados:** Com relação ao CP, medidas de tamanho e de dispersão da excursão, deslocamento total e o desvio padrão foram maiores na condição descalça, o que poderia apontar para um menor equilíbrio e estabilidade nessa condição. No entanto, a velocidade de deslocamento total e na direção anteroposterior foram menores na condição descalça. Isso indica que apesar da maior dispersão e deslocamento do CP na condição descalça ela ocorreu de forma mais controlada, principalmente na direção anteroposterior. Já os dados de ativação muscular demonstraram que realizar o agachamento descalço promove maior ativação do Glu, enquanto realizar o agachamento utilizando o calçado esportivo promove maior ativação do VL e do RF. **Conclusão:** As condições de pés calçados ou descalços têm efeito na ativação muscular e sobre o equilíbrio e a estabilidade, o que foi percebido na condição descalço em relação ao Glu e, na condição de pés calçados, em relação ao quadríceps femoral, VL e o RF. Como conclusão, percebemos que a tarefa é músculo-dependente.

Palavras-chave: agachamento; pés descalços; pés calçados; EMG.

LISTA DE TABELA E FIGURAS

Tabela 1 – Característica das voluntárias	12
Figura 1 – Posicionamento dos eletrodos nos músculos TA, VM, VL, RF e crista ilíaca anterossuperior, bem como nos músculos EE, Glu, BF, Gm e GL	13
Figura 2 – Voluntária na plataforma de força nas condições calçada e descalça para realização do agachamento livre com barra alta nas costas	14
Figura 3 – Tênis Nike Revolution 6 Flyease Next Nature Feminino	15
Figura 4 – Média e desvio padrão do sinal EMG dos músculos analisados durante o exercício de agachamento livre com barra alta nas costas nas condições de pés calçados e descalços	17
Figura 5 – Exemplo representativo do deslocamento do centro de pressão (CP) nas direções anteroposterior e médio-lateral de uma das voluntárias durante o exercício de agachamento livre com barra alta nas costas nas condições de pés calçados e descalços	18
Figura 6 – Média e desvio padrão da Área da elipse com 95% dos dados e do deslocamento total do Centro de Pressão (CP) no exercício de agachamento livre com barra alta nas costas nas condições de pés calçados e descalços	18
Figura 7 – Média e desvio padrão da Velocidade média, perímetro, desvio padrão, amplitude máxima e amplitude média do Centro de Pressão (CP) no exercício de agachamento livre com barra alta nas costas nas condições de pés calçados e descalços	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. METODOLOGIA	11
2.1 Voluntárias	11
2.2 Procedimentos metodológicos	12
2.2.1 Preparação da pele e posição dos eletrodos	12
2.2.2 Protocolo de execução do exercício	13
2.2.3 Processamento do sinal	15
2.2.4 Análise estatística	16
3. RESULTADOS	16
4. DISCUSSÃO	20
4.1 Limitações do estudo	21
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
6. APLICAÇÃO PRÁTICA	22

REFERÊNCIAS

APÊNDICES

APRESENTAÇÃO GERAL

Este Trabalho de Conclusão de Curso atende ao regimento do Curso de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia. Em seu volume, como um todo, é composto de:

1. **ARTIGO:** Análise biomecânica e eletromiográfica do agachamento livre com barra alta nas costas entre as condições de pés descalços e calçados: um estudo em mulheres.

1. ARTIGO

Seção/Tipo de Artigo: Investigação Original

Análise biomecânica e eletromiográfica do agachamento livre com barra alta nas costas entre as condições de pés descalços e calçados: um estudo em mulheres

Biomechanical and Electromyographic analysis of free squat with high back bar between barefoot and shod conditions: a study in women

Cristiano Antônio de Oliveira Silva; Luciano Fernandes Crozara

Filiação:

Faculdade de Educação Física e Fisioterapia, Universidade Federal de Uberlândia

Contato:

Cristiano Antônio de Oliveira Silva

Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade Federal de Uberlândia

Endereço para Correspondência:

Faculdade de Educação Física e Fisioterapia - Campus Educação Física

Rua Benjamim Constant, 1286, Uberlândia – MG, Brasil

CEP: 38400-678

E-mail: cristiano.silva@ufu.br

Telefone: (34) 3218-2910

1. INTRODUÇÃO

Os exercícios de agachamento são mundialmente conhecidos tanto nas práticas esportivas competitivas quanto nos treinamentos resistidos nas academias. O agachamento livre com barra é um exercício frequentemente utilizado para ganho de força e potência nos membros inferiores e no tronco nas mais diversas populações e condições clínicas (SCHOENFELD, 2010). Segundo Hartmann *et al.* (2013), o agachamento livre com barra pode ser classificado em três tipos principais: o agachamento frontal, o agachamento com barra alta nas costas e o agachamento com barra baixa nas costas. A posição da barra durante o agachamento determina algumas características cinemáticas específicas com relação à posição do tronco que, por sua vez, podem refletir em alterações cinéticas e na atividade muscular (GLASSBROOK *et al.*, 2017). Por motivos de padronização o estilo de agachamento utilizado no presente estudo foi o agachamento livre com barra alta nas costas. O agachamento livre com barra nas costas é tão popular que existem diretrizes da *National Strength and Conditioning Association* (NSCA) para uma técnica considerada adequada (SATO *et al.*, 2013).

Nos últimos anos se tornou uma tendência popular a realização de exercícios resistidos sem o uso de calçados. Porém, inicialmente, as afirmações sobre os benefícios desse novo modo de treinar careciam de comprovação científica. Nesse sentido, começaram a ser realizados estudos para investigar os efeitos do uso ou não de calçado em parâmetros cinemáticos, cinéticos e eletromiográficos do agachamento e sua relação com o desempenho e o risco de lesão (SATO *et al.*, 2013; SINCLAIR *et al.*, 2015; SOUTHWELL *et al.*, 2016; CHARLTON *et al.*, 2016; COHEN; LEE; BUCHMAN-PEARLE, 2017).

De forma geral, esses e outros estudos relataram diferenças notáveis na cinemática, cinética e ativação muscular dos membros inferiores para diferentes tipos de calçados, incluindo a condição descalço (PANGAN; LEINEWEBER, 2021). No entanto, devido à heterogeneidade dos estudos, ainda não está claro quais os efeitos de usar ou não calçado no equilíbrio e estabilidade e na ativação muscular durante a realização do agachamento livre com barra alta nas costas. Além disso, os estudos existentes em sua maioria avaliaram apenas homens levantadores de peso experientes (PANGAN; LEINEWEBER, 2021). Neste contexto, uma investigação destes efeitos em mulheres atletas recreacionais contribuiria com a ampliação do nosso entendimento sobre este tópico e suas potenciais implicações na prescrição do exercício de agachamento.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito do uso ou não de calçado esportivo no equilíbrio e estabilidade e na ativação muscular dos membros inferiores durante a realização do agachamento livre com barra alta nas costas. Hipotetizamos que quando comparado com a utilização de calçados com sistema de amortecimento (*e.g.* calçado esportivo), manter-se descalço durante a execução do agachamento poderia auxiliar no melhor desempenho técnico ao considerarmos que a condição descalço aumentaria o equilíbrio e a estabilidade corporal refletindo em um menor deslocamento do Centro de Pressão o que, por sua vez, iria refletir em menor ativação muscular nos membros inferiores considerando uma mesma carga de trabalho.

2. METODOLOGIA

O tamanho amostral teve como base parâmetros do menor tamanho de efeito considerado clinicamente importante. Para tanto, uma amostra não-probabilística ou de conveniência foi selecionada. Estimamos que seriam necessárias ao menos 30 voluntárias para a realização dos testes levando-se em conta a literatura sobre o teorema do limite central, que indica que tamanhos amostrais acima de 30 tendem a apresentar uma distribuição cada vez mais próxima de uma distribuição normal, viabilizando o uso de testes estatísticos paramétricos que geralmente são mais robustos (MOURÃO JÚNIOR, 2009).

2.1 Voluntárias

Este estudo transversal foi composto por 31 participantes voluntárias do sexo feminino, maiores de 18 anos e com, pelo menos, um ano de prática em treinamento resistido. Outro critério de elegibilidade das participantes era que a numeração do calçado fosse 35, 36, 37 ou 38. É importante observar que o conhecimento do exercício de agachamento foi critério fundamental para participar do estudo. As participantes da pesquisa também precisavam estar livres de lesões no momento dos testes e não ter realizado treinamento de membros inferiores 24 horas antes da coleta de dados.

Tabela 1 – Características das participantes.

Variáveis	Média ± DP
Idade (Anos)	34 ± 19,79
Massa Corporal (Kg)	64,5 ± 13,43
Estatura (Cm)	165,5 ± 10,60
Numeração Dos Pés (Br)	36,48 ± 2,12
Tempo De Musculação (Anos)	3,88 ± 7,07

Fonte: elaboração própria

2.2 Procedimentos metodológicos

2.2.1 Preparação da pele e posicionamento dos eletrodos

O registro da atividade muscular foi feita por meio da eletromiografia de superfície (EMG) a partir de um eletromiógrafo EMG 830C (EMG System do Brasil LTDA – Sistema de Aquisição de Sinais 1232WF) com 12 canais condicionados com filtros analógicos (Butterworth) – 4ª ordem, passa banda de 20-500 Hz) com ganho do amplificador de 100 vezes e 20 vezes nos pré-amplificadores, resultando em um total de amplificação do sinal de 2000 vezes, razão de modo de rejeição comum > 100 dB (CMRR), ruído de base < 3µV RMS e impedância diferencial de entrada > 10 MOhm. Para a aquisição dos sinais EMG, foram utilizados eletrodos de superfície bipolares da marca 3M® – modelo 2223BRQ, autoadesivos e descartáveis, com área de captação de 1 cm de diâmetro e distância entre os centros dos eletrodos de 2 cm.

Antes da colocação eletrodos, foram realizados os processos para minimização da impedância da pele por meio da tricotomia e a limpeza da pele com gaze e álcool 70% nos locais determinados. A fim de promover maior segurança para as voluntárias, quando necessária a raspagem dos pelos, a lâmina foi aberta na presença delas e descartada após o uso.

A colocação dos eletrodos foi feita de acordo com SENIAM – *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles* – BIOMED II (HERMENS *et al.*, 2000). Os eletrodos foram posicionados sobre os seguintes músculos: eretor da espinha (EE), glúteo máximo (Glu), bíceps femoral (BF), gastrocnêmio medial (Gm), gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), vasto medial (VM), vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) (Figura 1). O eletrodo de referência foi posicionado sobre a crista ilíaca anterossuperior.

Após a colocação dos eletrodos, as voluntárias realizaram movimentos específicos, de acordo com a função muscular, para verificar o posicionamento correto e analisar a qualidade do sinal EMG.

Figura 1 – Posicionamento dos eletrodos nos músculos EE, Glu, BF, Gm, GL, TA, VM, VL e RF e crista ilíaca anterossuperior.



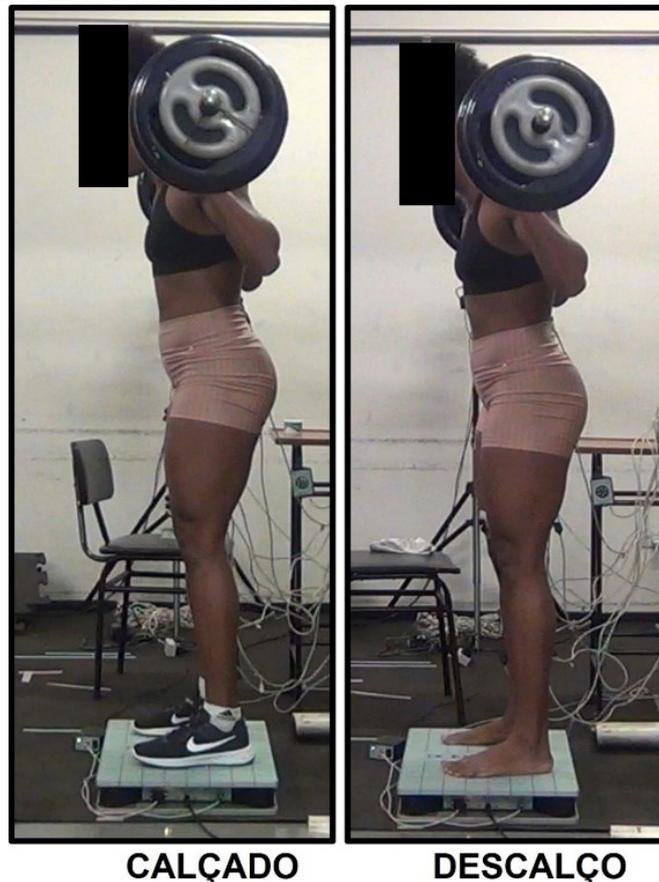
Fonte: arquivo pessoal a partir de imagem autorizada pela voluntária.

2.2.2 Protocolo de execução do exercício

Antes de iniciar o teste, foi lembrada à voluntária a técnica de execução do movimento para a familiarização, sendo a posição inicial determinada pela voluntária em pé, com a barra apoiada sobre as costas, na altura dos ombros, e posicionando as mãos em pronação na barra e os cotovelos num ângulo de aproximadamente 90° em repouso, pés posicionados à frente do eixo da barra e na largura dos ombros. Foi considerado um movimento completo quando a avaliada desceu com a barra sobre as costas, flexionando o quadril e joelhos até que a coxa ficasse paralela ao solo, e retornou empurrando a barra até a posição inicial sem interrupção de movimento. O tempo do movimento realizado foi padronizado em um total de 4 segundos (2 segundos para descida e 2 segundos para subida). O controle deste tempo foi realizado com a

utilização de um metrônomo digital. Todas as voluntárias foram familiarizadas com o ritmo do metrônomo para realizar o movimento no tempo pré-estabelecido.

Figura 2 – Voluntária na plataforma de força nas condições calçada e descalça para realização do agachamento livre com barra alta nas costas.



Fonte: arquivo pessoal a partir de imagem autorizada pela voluntária.

Em seguida, para o teste de uma repetição máxima (1RM), a voluntária foi posicionada (calçada) sobre uma plataforma de força (EMG System do Brasil®) e instruída a realizar um aquecimento específico no exercício testado, iniciando com uma carga que possibilitou de cinco a 10 repetições e, depois, foi dado 1 min de intervalo de recuperação. Logo após, foi adicionada nova carga que possibilitou três a cinco repetições, com 2 min de intervalo de recuperação. Por fim, foi adicionada nova carga que possibilitou duas ou três repetições, e após isso, foram dados 4 min de intervalo de recuperação. Na sequência, foi adicionada a carga para a primeira tentativa de 1 RM, na qual, realizando mais de uma repetição, a carga seria aumentada e, se houvesse falha, a carga seria reduzida, com nova tentativa após 4 min de intervalo de recuperação. A carga foi adicionada ou retirada até o avaliado executar 1 RM com sucesso. A capacidade de

produção de força de membros inferiores foi avaliada pelo protocolo de 1RM da NSCA (DE SOUSA, 2021, p.8-9).

Determinada a carga de 1RM, a voluntária executou 5 repetições de agachamento livre com barra alta nas costas com 80% de 1RM. Todas as voluntárias realizaram as repetições tanto descalças quanto calçadas (Figura 2) com intervalo de 5 minutos entre as coletas. Com relação ao calçado, foi utilizado o tênis da marca NIKE® – modelo W – NIKE REVOLUTION 6 FLYEASE NEXT NATURE FEMININO (Figura 3). Esse calçado tem por característica ser um tênis híbrido (caminhada/corrida e musculação), com um perfil que promete amortecimento e estabilidade, sendo indicado para terreno como o asfalto e ainda para academia/esteira. É importante destacar que o calçado foi fornecido pela equipe pesquisadora e ao chegar no ambiente da coleta, as voluntárias tiveram tempo para familiarização com o tênis. A ordem de realização do exercício calçado e descalço foi aleatorizado entre as participantes.

Figura 3 – Tênis Nike Revolution 6 Flyease Next Nature Feminino.



Fonte: acervo pessoal.

2.2.3 Processamento e análise do sinal

O sinal EMG dos músculos avaliados foram filtrados por um filtro recursivo digital passa banda de 20-500 Hz (Butterworth de 2ª ordem para passa alta e 4ª ordem para passa baixa). Na sequência foi aplicada um filtro notch de 60 Hz e suas harmônicas. Após estes procedimentos o sinal foi retificado por onda inteira e, em seguida, suavizado com um filtro digital passa baixa com frequência de corte de 6 Hz (Butterworth de 4ª ordem).

Após o processamento do sinal EMG, foi obtido o pico EMG de cada músculo avaliado no teste de 1 RM e foi calculada a média EMG das 5 repetições realizadas à 80% de 1RM do exercício agachamento livre com barra alta nas costas. Os dados EMG das 5 repetições realizadas à 80% de 1RM foram normalizados pelo pico EMG do teste de 1RM na condição calçada.

A plataforma de força utilizada fornecia diretamente os dados de posicionamento do CP nas direções anteroposterior e mediolateral em função do tempo a uma amostragem de 2000 Hz. Estes dados foram filtrados por um filtro recursivo digital (Butterworth de 4^a) passa baixa de 5 Hz para a suavização do sinal. Foi utilizada a função “detrend” para remover a média do sinal (“zero offset”) e, em seguida, foram calculadas as variáveis: área com 95% dos dados, deslocamento, velocidade, perímetro, desvio padrão e amplitude máxima e média do CP (DUARTE e FREITAS, 2010).

O processamento e análise dos dados EMG e do CP foram realizados por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente MATLAB[®] (MatWorks).

2.2.4 Análise estatística

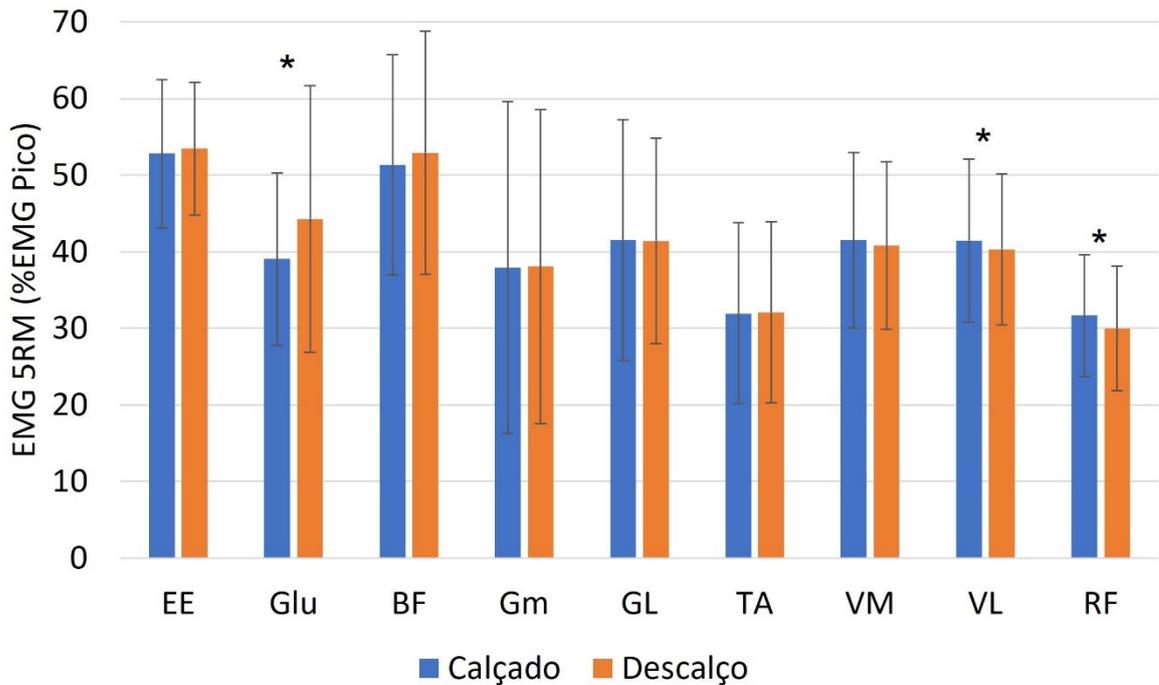
Os dados foram sumarizados como média \pm desvio padrão. Para a comparação de cada variável dependente entre as condições de realização do exercício agachamento livre com barra alta nas costas (calçado vs descalço) foi utilizado o modelo de equações de estimativa generalizada com estimador robusto de matriz de covariância, matriz de correlação não estruturada e distribuição *gamma* com função de ligação *log*. Para todos os procedimentos foi considerado o nível significância de $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas utilizando o software SPSS, v.18 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3. RESULTADOS

Na figura 4 são apresentados os dados de atividade muscular dos músculos analisados durante o exercício de agachamento livre com barra alta nas costas realizado com os pés calçados e descalços. Foram encontradas diferenças no sinal EMG dos músculos Glu, VL e RF entre as condições calçado e descalço. O músculo Glu ativou mais na condição descalço do que na condição calçado ($p < 0001$) e os músculos VL e RF ativaram mais na condição calçado em relação à condição descalço ($p = 0,024$ e $p = 0,017$, respectivamente). Os músculos EE, BF,

Gm, GL, TA e VM apresentaram nível de ativação similar entre as condições calçado e descalço ($p = 0,504$, $p = 0,197$, $p = 0,928$, $p = 0,930$, $p = 0,860$ e $p = 0,370$, respectivamente).

Figura 4 – Média e desvio padrão do sinal EMG dos músculos analisados durante o exercício de agachamento livre com barra alta nas costas nas condições de pés calçados e descalços.



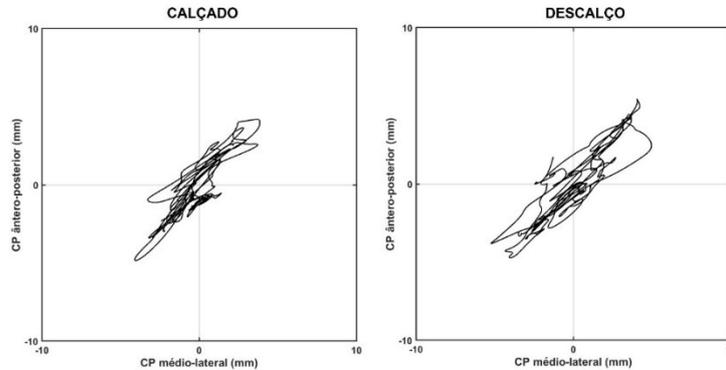
Fonte: elaboração própria.

Eretor da espinha (EE), glúteo máximo (Glu), bíceps femoral (BF), gastrocnêmio medial (Gm), gastrocnêmio lateral (GL), tibial anterior (TA), vasto medial (VM), vasto lateral (VL) e reto femoral (RF)

* $p < 0,05$: diferença de ativação muscular estatisticamente significativa entre as condições dos pés calçados e descalços.

Na figura 5 são apresentados os dados de deslocamento do centro de pressão nas direções médio-lateral e anteroposterior de uma voluntária durante o exercício de agachamento livre com barra alta nas costas realizado com os pés calçados e descalços.

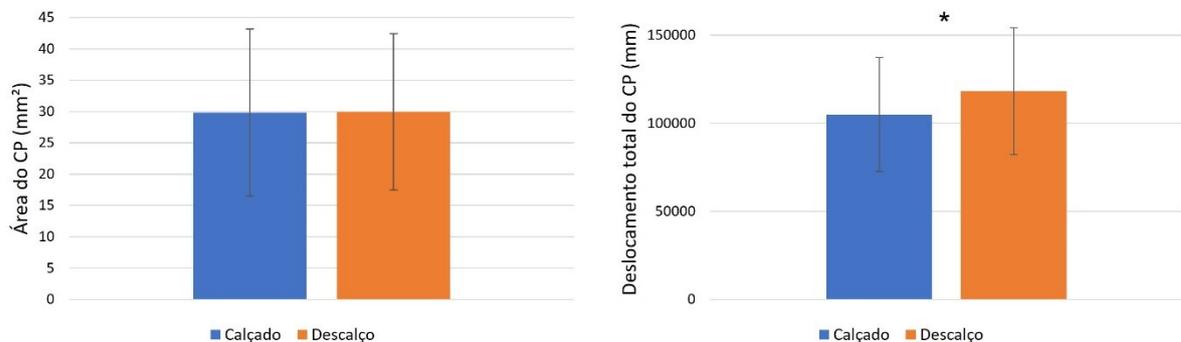
Figura 5 – Exemplo representativo do deslocamento do centro de pressão (CP) nas direções anteroposterior e médio-lateral de uma das voluntárias durante o exercício de agachamento livre com barra alta nas costas nas condições de pés calçados e descalços.



Fonte: elaboração própria.

Nas figuras 6 e 7 são apresentadas as variáveis obtidas a partir da análise do deslocamento do centro de pressão nas direções anteroposterior e médio-lateral.

Figura 6 – Média e desvio padrão da Área da elipse com 95% dos dados e do deslocamento total do Centro de Pressão (CP) no exercício de agachamento livre com barra alta nas costas nas condições de pés calçados e descalços.

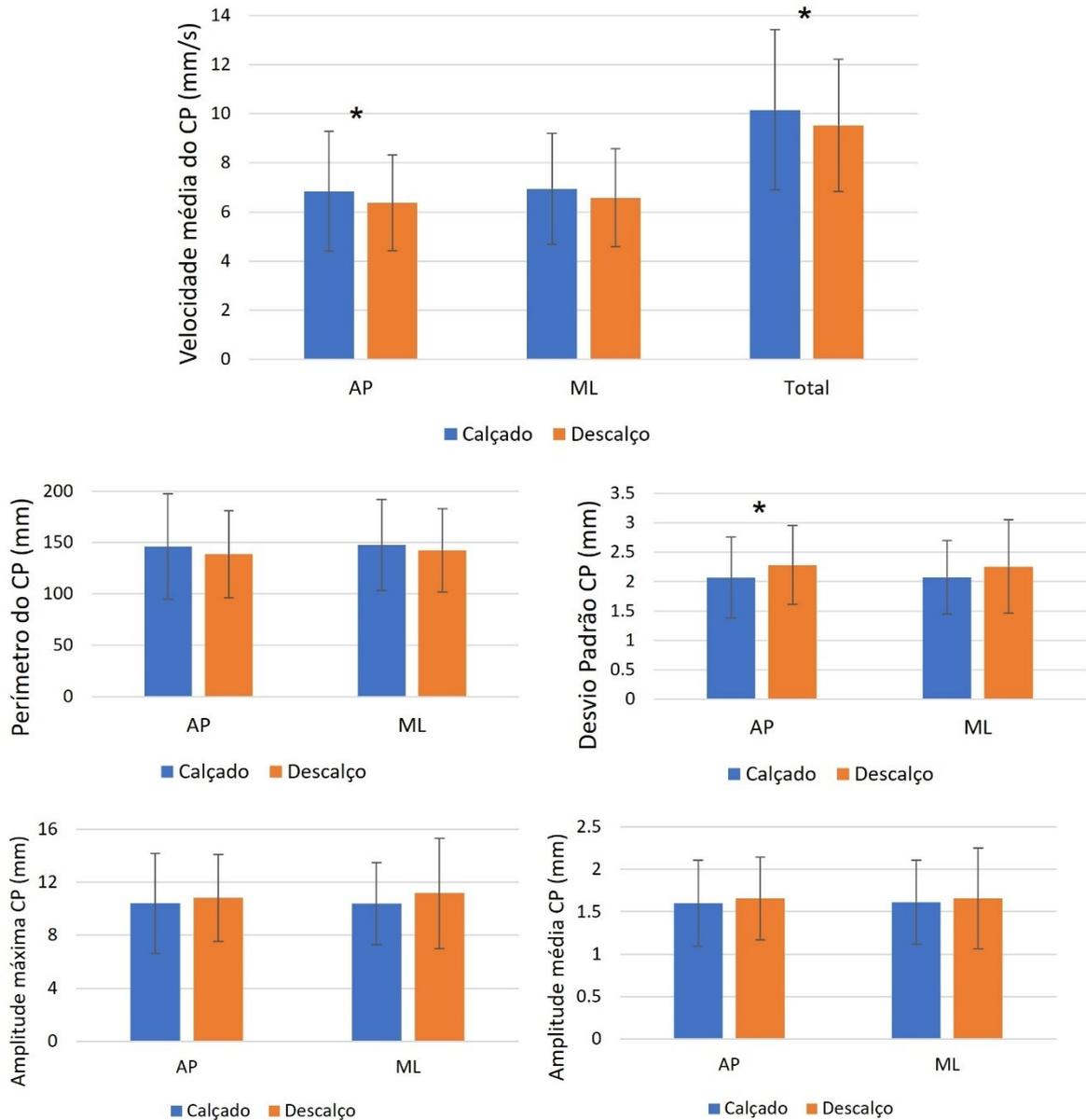


Fonte: elaboração própria.

* $p < 0,05$: diferença significativa entre as condições dos pés calçados e descalço.

Com relação ao parâmetro área do CP não foi encontrada diferença entre as condições dos pés calçados e descalço ($p = 0,489$) durante a execução da tarefa. Por outro lado, o deslocamento total do CP foi maior na condição descalço do que na condição calçado ($p = 0,022$).

Figura 7 – Média e desvio padrão da Velocidade média, perímetro, desvio padrão, amplitude máxima e amplitude média do Centro de Pressão (CP) no exercício de agachamento livre com barra alta nas costas nas condições de pés calçados e descalços.



Fonte: elaboração própria

* $p < 0,05$: diferença significativa entre as condições dos pés calçados e descalço.

A velocidade média total e na direção anteroposterior do CP foi maior na condição calçado do que na condição descalço ($p = 0,029$ e $p = 0,021$, respectivamente). O desvio padrão do CP foi menor na condição calçada ($p = 0,043$).

Com relação à velocidade do CP na direção médio-lateral ($p = 0,081$), perímetro do CP nas direções anteroposterior ($p = 0,093$) e médio lateral ($p = 0,238$), desvio padrão do CP na direção médio-lateral ($p = 0,063$), amplitude máxima do CP nas direções anteroposterior ($p =$

0,456) e médio lateral ($p = 0,170$) e amplitude média do CP nas direções anteroposterior ($p = 0,474$) e médio lateral ($p = 0,554$), não houve diferenças significativas entre as condições dos pés calçados e descalço.

4. DISCUSSÃO

Nosso objetivo foi analisar o efeito do uso ou não de calçado esportivo no equilíbrio e estabilidade e na ativação muscular dos membros inferiores durante o agachamento livre com barra alta nas costas. Nossa hipótese inicial foi parcialmente suportada pelos nossos resultados.

Inicialmente esperávamos que a condição descalça levaria a um maior equilíbrio e estabilidade postural e isso iria refletir em menor ativação muscular nos membros inferiores. No entanto, medidas de tamanho e de dispersão da excursão do CP, deslocamento total e o desvio padrão do CP, respectivamente, foram maiores na condição descalça do que na calçada o que poderia apontar para um menor equilíbrio e estabilidade naquela condição (COHEN, LEE; BUCHMAN-PEARLE, 2017). Por outro lado, porém, a velocidade de deslocamento total e na direção anteroposterior do CP foram menores na condição descalça do que na calçada. Isso indica que apesar da maior dispersão e deslocamento do CP na condição descalça ela ocorreu de forma mais controlada, principalmente na direção anteroposterior. Esse achado corrobora com os achados de WHITTING *et al.* (2016) e pode indicar maior confiança das participantes enquanto na condição descalço em buscar uma posição mais adequada da carga em relação a sua base de suporte. Possivelmente, com os pés em contato direto com chão, as participantes tenham obtido mais informação sensorial (*input* tátil) para se posicionar e, assim, ajustar sua postura de forma mais ampla, porém, controlada. No entanto, vale ressaltar que no referido estudo as comparações foram feitas entre calçado de levantamento de peso e calçado de corrida, o que dificulta a comparação com os resultados do presente estudo.

Os dados de ativação muscular demonstraram que realizar o agachamento descalço promove maior ativação do Glu, enquanto realizar o agachamento utilizando o calçado esportivo promove maior ativação do VL e do RF. Portanto, o efeito do uso ou não do calçado parece ser músculo-dependente. Nesse sentido, uma possível explicação para a maior ativação do VL e RF na condição calçada é que devido à elevação promovida pelo sistema de amortecimento (solado) do calçado esportivo utilizado, o agachamento pode ter sido mais profundo e acompanhado de maior flexão do joelho, conseqüentemente, induzindo maior recrutamento de músculos envolvidos nesta articulação. Esse resultado corrobora com os

resultados de Sinclair *et al.* (2015), no qual foi observada maior ativação do RF na condição com calçado de corrida em comparação com a condição descalça devido ao aumento da profundidade do agachamento e da flexão do joelho. Além disso, estudos anteriores demonstraram que na condição calçada ocorre menor inclinação do tronco à frente e maior torque extensor de joelho em relação a condição descalça durante o agachamento (CHARLTON *et al.*, 2016; SINCLAIR *et al.*, 2015).

Com relação à maior ativação do Glu máximo na condição descalça, sabe-se que o pé mais próximo do solo (*i.e.* sem nenhuma elevação do calcanhar) reflete em uma maior inclinação do tronco para frente na busca por maior estabilidade (SATO *et al.*, 2013) aumentando o torque extensor do quadril (SOUTHWELL *et al.*, 2016; CHARLTON *et al.*, 2016) o que, por sua vez, pode explicar o aumento da atividade do Glu durante o agachamento. No entanto, vale notar que não houve análise cinemática no presente estudo para comprovar essas afirmações.

Enfim, as condições de pés calçados ou descalços têm efeito na ativação muscular e no equilíbrio e estabilidade durante o agachamento livre com barra alta nas costas em mulheres não atletas. Estes efeitos devem ser levados em conta na prescrição do agachamento.

4.1 Limitações do estudo

Sobre o teste de apenas um tipo de calçado, a limitação encontra-se em não permitir avaliar os efeitos específicos de calçados, por exemplo, com rigidez de sola e/ou com outros níveis de amortecimento e elevação do calcanhar, o que não contribui para se ter clareza sobre os efeitos da variação no *design* do calçado na execução do exercício analisado. Estudos futuros devem ser conduzidos para ampliar nosso conhecimento acerca dos efeitos dos tipos e características dos calçados sobre parâmetros cinemáticos, cinéticos e de atividade muscular durante a realização do agachamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um ponto importante encontrado na literatura é a indicação de novas pesquisas incluindo levantadores de pesos novatos e mulheres, no intuito de ampliar as populações não-atletas investigadas. Como nossa pesquisa se trata de mulheres não-atletas praticantes do exercício de agachamento livre com barra alta nas costas, consideramos que contribuímos com

a ampliação do conhecimento acerca da temática no sentido de que os resultados com foco no gênero ampliam estudos já existentes, em sua maioria com amostras masculinas.

Baseado nos resultados do presente estudo podemos concluir que as descobertas com relação a atividade muscular e ao equilíbrio e estabilidade durante o exercício de agachamento livre com barra alta nas costas, possui relevância prática na prescrição do agachamento em mulheres não atletas praticantes de treinamento resistido.

6. APLICAÇÃO PRÁTICA

Saber que o exercício de agachamento livre com barra alta nas costas é músculo-dependente das condições calçado e descalço, ou seja, que ao realizar a tarefa com ou sem calçado esportivo a musculatura será ativada de forma diferente, bem como poder manipular demandas de equilíbrio e estabilidade dentre estas condições, permite a prescrição mais efetiva do exercício com base nos objetivos que se pretende alcançar. Nesse sentido, o presente estudo tem potencial de ampliar o entendimento de treinadores para prescrever treinos mais eficientes para suas alunas com enfoque principalmente no desenvolvimento de musculaturas específicas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

DE SOUSA, Manoel Matheus Batista. **Correlação entre o desempenho no teste de uma repetição máxima e potência máxima de agachamento em militares**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física). Escola de Educação Física do Exército. Rio de Janeiro – RJ, 2021.

DUARTE, Marcos.; FREITAS, Sandra M. S. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. **Rev. Bras. Fisioterapia**, v. 14, n. 3, p. 183-192, 2010.

FORTENBAUGH, Dave; SATO, Kimitake; HITT, J. The effects of weightlifting shoes on squat kinematics. In: **ISBS-Conference Proceedings Archive**. 2010.

FUCHS, Angela Maria Silva; FRANÇA, Maira Nani; PINHEIRO, Maria Salete de Freitas. **Guia para normalização de publicações técnico-científicas**. Uberlândia: EDUFU, 2013.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HARTMANN, Hagen; WIRTH, Klaus; KLUSEMANN, Markus. Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load. **Sports medicine**, v. 43, n. 10, p. 993-1008, 2013.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, n. 5, p. 361-74, Oct 2000. ISSN 1050-6411. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11018445> >.

LEGG, H. S., GLAISTER, M., CLEATHER, D. J., and GOODWIN, J. E., 2017, “The Effect of Weightlifting Shoes on the Kinetics and Kinematics of the Back Squat,” **J. Sports Sci.**, 35(5), pp. 508–515.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. 5. reimpr. São Paulo: Atlas, 2007.

MASCARENHAS, Fernando; ÁVILA, Regiane. Trabalho de Conclusão de Curso I. In: SANCHES, Alcir Braga (Org.). **Educação física a distância**: módulo 7. Brasília: Universidade de Brasília, 2011. (p.388-474).

MOURÃO JÚNIOR, Carlos Alberto. Questões em bioestatística: o tamanho da amostra. *Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais*, v. 1, n. 1, p. 26 - 28, 2009.

PANGAN, Aaron Michael; LEINEWEBER, Matthew. Footwear and Elevated Heel Influence on Barbell Back Squat: A Review. **Journal of Biomechanical Engineering**, v. 143, n. 9, 2021.

SATO, Kimitake et al. Comparison of back squat kinematics between barefoot and shoe conditions. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 8, n. 3, p. 571-578, 2013.

SENIAM. Disponível em: <<http://www.seniam.org>>. Acesso em: 05 de junho de 2022.

SINCLAIR, J., BUTTERS, B., TAYLOR, P. J., STONE, M., BENTLEY, I., and EDMUNDSON, C. J., 2020, “Effects of Different Footwear on Kinetics, Kinematics and Muscle Forces During the Barbell Back Squat; an Exploration Using Bayesian Modelling,” **Footwear Sci.**, 12(3), pp. 139–152.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada “ANÁLISE BIOMECÂNICA E ELETROMIOGRÁFICA DO AGACHAMENTO LIVRE COM BARRA ALTA NAS COSTAS ENTRE AS CONDIÇÕES DE PÉS DESCALÇOS E CALÇADOS: UM ESTUDO EM MULHERES”, sob a responsabilidade dos pesquisadores Prof. Dr. Luciano Fernandes Crozara (luciano.crozara@ufu.br), orientador da pesquisa, e Cristiano Antônio de Oliveira Silva (cristiano.silva@ufu.br).

Nesta pesquisa nós estamos buscando identificar os efeitos do uso ou não de calçados no desempenho técnico, no recrutamento muscular e no risco de lesão durante a realização do exercício de agachamento livre com barra alta nas costas.

O Termo/Registro de Consentimento Livre e Esclarecido está sendo obtido pelo pesquisador Cristiano Antônio de Oliveira Silva, antes da coleta de dados, no laboratório de biomecânica da Faculdade de Educação Física e Fisioterapia (FAEFI) da UFU. Você tem o tempo que for necessário para decidir se quer ou não participar da pesquisa (conforme item IV da Resolução nº 466/2012 ou Capítulo. III da Resolução nº 510/2016).

Os critérios de inclusão da pesquisa são: ser do sexo feminino, maior de 18 anos e com, pelo menos, um ano de prática em treinamento resistido. Outro critério de elegibilidade é ter a numeração do calçado 35, 36, 37 ou 38. É importante observar que o conhecimento do exercício de agachamento é critério fundamental para ser uma voluntária. A participante da pesquisa também precisa estar livre de lesões (participante saudável e apta) no momento dos testes e não ter realizado treinamento de membros inferiores 24 horas antes da coleta de dados. Para tanto, faz-se necessário a apresentação de atestado médico para a participação na pesquisa.

Na sua participação, você será submetida aos seguintes procedimentos de coleta de dados, a ser realizada no laboratório de biomecânica da Faculdade de Educação Física e Fisioterapia (FAEFI) da UFU, através de: computador, software, câmera de vídeo, plataforma de força, eletromiógrafo de superfície, sensores de eletromiografia (EMG), barra e pesos. Será necessário que a voluntária esteja vestida com top e bermuda para que sejam feitas marcações, higienização do local, raspagem dos pelos (tricotomia) e colocação dos eletrodos. Os eletrodos serão dispostos nas seguintes partes do corpo: eretor da espinha (longissimus); glúteo (máximo); bíceps femoral (cabeça longa); gastrocnêmio medial; gastrocnêmio lateral; tibial anterior; quadríceps femoral (vasto medial); quadríceps femoral (vasto lateral); quadríceps femoral (reto femoral) e crista ilíaca anterossuperior (ponto terra).

O pesquisador responsável atenderá as orientações das Resoluções nº 466/2012, Capítulo XI, Item XI.2: f e nº 510/2016, Capítulo VI, Art. 28: IV - manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa. Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada.

Você não terá nenhum gasto e nem ganho financeiro por participar na pesquisa. Os tênis e demais equipamentos utilizados pelas voluntárias durante os testes serão fornecidos pela equipe de pesquisa. Caso haja necessidade de deslocamento em decorrência unicamente da coleta de dados os custos do transporte também serão cobertos pela pesquisa, ida e volta à uma tarifa de ônibus de R\$4,50. Será necessária apenas uma visita ao local, por um tempo aproximado de 1h30min. Para tanto, será fornecido às participantes um kit lanche (copo de água mineral 200 ml; 1 fruta; 1 pão com uma fatia de queijo).

Havendo algum dano decorrente da pesquisa, você terá direito a solicitar indenização através das vias judiciais (Código Civil, Lei 10.406/2002, Artigos 927 a 954 e Resolução CNS nº 510 de 2016, Artigo 19).

Os riscos previsíveis para a realização desta pesquisa envolvem apenas a identificação das participantes, o que será minimizado pelos pesquisadores que manterão a privacidade e o sigilo das informações mesmo diante da possível necessidade de filme e fotografia da participante durante as etapas da pesquisa. Para tanto, um Termo de Uso de Imagem e Som será fornecido. Além disso, cada voluntária será identificada por um número com a finalidade de diferenciá-la e manter a integridade e identidade, protegendo a confidencialidade da pesquisa. Com relação à eletromiografia de superfície, é um exame não invasivo e indolor, portanto, sem contraindicações e riscos para as voluntárias da pesquisa. A coleta de dados será realizada por pesquisadores com experiência no manejo dos equipamentos e na execução e prescrição do exercício de agachamento livre com barra alta nas costas, portanto, todas as medidas possíveis para evitar qualquer tipo de risco eventual serão tomadas pelos pesquisadores. Os dados serão armazenados em arquivos na memória de computador até a análise e depois mantidos em drive externo com acesso apenas pelos pesquisadores.

Os benefícios serão aplicados de forma indireta aos participantes da pesquisa, pois os resultados obtidos são a contribuição para ampliação da literatura sobre a temática, principalmente no que se refere à pesquisa com voluntárias do sexo feminino, já que escassa na maior parte dos estudos.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem qualquer prejuízo ou coação. Até o momento da divulgação dos resultados, você também é livre para solicitar a retirada dos seus dados da pesquisa.

Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você, assinada e rubricada pelos pesquisadores.

Em caso de qualquer dúvida ou reclamação a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com Prof. Dr. Luciano Fernandes Crozara (luciano.crozara@ufu.br), orientador da pesquisa, ou com Cristiano Antônio de Oliveira Silva (cristiano.silva@ufu.br), pesquisador responsável, pelos respectivos telefones: (34) 3218-2914 (secretaria da FAEFI) ou (34) 99172-2601, no endereço: Rua Benjamim Constant, 1286, bairro Aparecida, Uberlândia/MG, CEP 38.400-678, campus Educação Física. Para obter orientações quanto aos direitos dos participantes de pesquisa acesse a cartilha no link: https://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/documentos/Cartilha_Direitos_Eticos_2020.pdf.

Você poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos – CEP, da Universidade Federal de Uberlândia, localizado na Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, *campus* Santa Mônica – Uberlândia/MG, 38408-100; pelo telefone (34) 3239-4131 ou pelo e-mail cep@propp.ufu.br. O CEP/UFU é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Uberlândia, _____ de _____ de 202__

Assinatura do(s) pesquisador(es)

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

Assinatura da participante de pesquisa

APÊNDICE B – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E SOM

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E SOM

Eu, _____,
nacionalidade brasileira, inscrita no CPF sob nº _____,
residente à _____, nº _____,
município de Uberlândia/MG, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento, especificados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), AUTORIZO, através do presente termo, os pesquisadores Luciano Fernandes Crozara (luciano.crozara@ufu.br), orientador da pesquisa, e Cristiano Antônio de Oliveira Silva (cristiano.silva@ufu.br), pesquisador responsável do projeto de pesquisa intitulado “ANÁLISE BIOMECÂNICA E ELETROMIOGRÁFICA DO AGACHAMENTO LIVRE COM BARRA ALTA NAS COSTAS ENTRE AS CONDIÇÕES DE PÉS DESCALÇOS E CALÇADOS: UM ESTUDO EM MULHERES” a realizar as fotos e vídeos que se façam necessários e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Fica ainda autorizada, de livre e espontânea vontade, para os mesmos fins, a cessão de direitos da veiculação das imagens não recebendo para tanto qualquer tipo de remuneração. Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à minha imagem ou a qualquer outro, e assino a presente autorização em 02 vias de igual teor e forma.

Uberlândia, _____ de _____ de 202__

Assinatura do(s) pesquisador(es)

Assinatura da participante de pesquisa