



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO



GABRIELA OTÍLIA MENDONÇA

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM *WHEY PROTEIN* ASSOCIADA À  
ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR DO QUADRÍCEPS FEMORAL APÓS  
RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

Orientador: Prof. Dr. Leonardo César Carvalho  
Coorientador: Prof. Dr. Giovane Galdino de Souza

ALFENAS

2018

GABRIELA OTÍLIA MENDONÇA

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM *WHEY PROTEIN* ASSOCIADA À  
ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR DO QUADRÍCEPS FEMORAL APÓS  
RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Alfenas.

Área de concentração: Ciências da Reabilitação;

Linha de Pesquisa: Processo de avaliação, prevenção e reabilitação nas disfunções musculoesqueléticas e do envelhecimento.

Nome do Orientador: Prof. Dr. Leonardo César Carvalho

Nome do Coorientador: Prof. Dr. Giovane Galdino de Souza

ALFENAS

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca da Unidade Educacional Santa Clara da Universidade Federal de  
Alfenas

Mendonça, Gabriela Otília.

Efeitos da suplementação com whey protein associada à  
estimulação elétrica neuromuscular do quadríceps femoral após  
reconstrução do ligamento cruzado anterior/ Gabriela Otília  
Mendonça. -- Alfenas, MG, 2018.

89 f.

Orientador: Leonardo César Carvalho.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) -  
Universidade Federal de Alfenas, 2018.

Bibliografia.

1. Ligamento Cruzado Anterior. 2. Estimulação Elétrica. 3.  
Suplementação Alimentar. 4. Músculos. 5. Reabilitação. I. Carvalho,  
Leonardo César. II. Título.

CDD-615.82



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG  
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação/UNIFAL-MG  
Av. Jovino Fernandes Salles, 2.600 Bairro Santa Clara Alfenas - MG CEP 37133-840  
Fone: (35) 3701-1928 (Coordenação) / (35) 3701- 1925 (Secretaria)  
<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgcr/>



**ATA DO EXAME DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

No dia 10 de agosto de 2018 de 08:00 às 12:20 horas, no prédio O, sala 313, localizada na Universidade Federal de Alfenas-MG, foi realizado o **Exame de Defesa de Dissertação de Mestrado** da candidata **Gabriela Otilia Mendonça** que apresentou o trabalho intitulado "Efeito da suplementação do whey protein associada à estimulação elétrica neuromuscular do quadríceps femoral após reconstrução do ligamento cruzado anterior". De acordo com os requisitos legais, a Banca Examinadora designada para proceder o exame, foi presidida pelo **Prof. Dr. Leonardo César Carvalho** e composta pelo **Prof. Dr. Adriano Prado Simao** e pelo **Prof. Dr. Daniel Ferreira Moreira Lobato**. Após a arguição em sessão pública, a Banca deliberou considerar o candidato:

Aprovado                       Aprovado condicionalmente                       Reprovado

Parecer final dos examinadores: (opcional)

---

---

---

---

---

---

---

---

Para constar, foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Prof. Dr. Leonardo César Carvalho   
Prof. Dr. Adriano Prado Simao   
Prof. Dr. Daniel Ferreira Moreira Lobato 

Defesa de dissertação nº \_\_\_\_ homologada na \_\_\_\_ reunião do Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação/UNIFAL-MG realizada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Prof. Dra. Simone Botelho Pereira  
Coordenadora do PPGCR/UNIFAL-MG

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por todas as bênçãos concedidas.

Aos meus pais, Eufrásia e Osvaldo, por todo amor e apoio, principalmente à minha mãe que nunca mediu esforços para me ajudar e sempre foi uma inspiração para mim.

Ao meu orientador, Leonardo César Carvalho, pela confiança, paciência, dedicação e ensinamentos durante a graduação e pós graduação, sendo sempre um exemplo de profissional.

Ao meu coorientador, Giovane Galdino de Souza, pela contribuição para a execução deste estudo.

Aos professores, Jaime Amaya Farfán e Pablo Cristiano Iollo, por contribuírem com a doação da *Whey Protein* utilizada durante o estudo.

Aos professores, Adriano Prado Simão, Daniel Ferreira Moreira Lobato e Denise Holanda Iunes pelas considerações realizadas durante exame de qualificação.

Aos meus colegas da pós graduação, Marcelo Oliveira e Ricardo Alves, pela ajuda, compartilhando seus conhecimentos.

Aos alunos de iniciação científica, Kelle Moreira, Leonardo Cavestré, Lorrane Moreira, Lucas Ferreira, Maria Luiza Bianchini e Murilo Silveira, que contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos técnicos de laboratório, Luciana Costa e Luiz Tomaz, por toda ajuda durante a pesquisa.

Aos funcionários da Clínica de Fisioterapia pelo companheirismo e ajuda no decorrer do estudo.

Aos médicos Marcelo Stegmann e Ranielly Alves por encaminharem seus pacientes para participarem do nosso estudo.

Aos pacientes pela confiança e participação no estudo.

Aos meus irmãos, Leonardo, Ricardo e Wanda, que sempre estiveram presentes durante essa jornada. À Alessandra, Stéffany e Rai.

Aos meus queridos amigos que participaram dessa jornada, por tornarem essa etapa mais leve.

Aos colegas da primeira turma do mestrado em Ciências da Reabilitação, pelo companheirismo e troca de conhecimento.

Agradeço ao apoio financeiro da agencia de fomento FAPEMIG, edital 033/2016.

## RESUMO

Após a reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA), é comum ocorrer uma disfunção e atrofia muscular do quadríceps femoral. A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) associada à *Whey Protein* pode apresentar resultados positivos para auxiliar a atenuar a perda de força e trofismo em períodos de desuso, visto que essas intervenções são capazes de estimular a síntese de proteínas musculares. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da suplementação com *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps femoral em pessoas submetidas à reconstrução do LCA. A amostra foi constituída por 20 voluntários os quais foram aleatorizados em 3 grupos: 1) Controle Basal (CB, n= 7), composto por voluntários que realizaram somente as avaliações, 2) *Whey Protein* associado à EENM (WE, n= 7), composto por voluntários submetidos à EENM do quadríceps femoral e suplementação com a *Whey Protein*, com dose 20 g, três vezes por semana, durante duas semanas consecutivas, 3) Estimulação Elétrica Neuromuscular (EE, n= 6), composto por voluntários submetidos somente a EENM do quadríceps femoral. Todos os grupos foram avaliados em dois momentos: pré-operatório e pós-operatório. Foram utilizados os seguintes métodos de avaliação: ficha de avaliação, medida estimada da coxa e eletromiografia de superfície (EMGs) em contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos músculos reto femoral (RF), vasto medial (VM), vasto lateral (VL), semitendíneo (ST), bíceps femoral (BF), glúteo máximo (GMAX), glúteo médio (GMED) e gastrocnêmio cabeça medial (G). Após foi realizado simultaneamente, as avaliações cinemática, baropodométrica e EMG dos músculos citados anteriormente durante o miniagachamento bipodal, com os olhos abertos e posteriormente fechados. Os resultados demonstraram que apenas o grupo WE não apresentou diminuição da atividade EMG do músculo GMED em CIVM do membro operado. Durante a avaliação pós-operatória foi houve diminuição da atividade EMG do músculo VM do membro operado durante o miniagachamento com olhos abertos (p: 0,007) e olhos fechados (p: 0,008) do grupo CB. Não foi observado diferença na medida estimada da coxa no momento pós-operatório em todos os grupos do estudo. Podemos concluir, que na amostra estudada, a *whey protein* associada a EENM foi eficaz para manter a atividade EMG do m. glúteo médio durante a CIVM. A EENM isolada ou associado ao *whey protein* foi eficaz para manter a atividade EMG do m. vasto medial e preveniu assimetrias na distribuição de massa corporal durante o movimento de miniagachamento na amostra estudada. As intervenções utilizadas no presente estudo não preveniram assimetria e alterações cinemáticas, entretanto houve algumas diferenças nas

estratégias compensatórias entre os grupos. A medida de volume estimado da coxa não alterou-se significativamente após quinze dias da reconstrução do LCA.

Palavras chaves: Ligamento Cruzado Anterior, Estimulação Elétrica, Suplementação Alimentar, Músculos, Reabilitação.

## ABSTRACT

After anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction it is common to happen a dysfunction and muscular atrophy of the quadriceps femoris. The neuromuscular electrical stimulation (NMES) associated with Whey Protein may present positive results to help attenuate the loss of strength and trophism in periods of disuse, since these interventions are able to stimulate the muscle proteins synthesis. Thus, the aim of this study was to investigate the effects of Whey Protein supplementation associated with NMES in the quadriceps femoris in people submitted to ACL reconstruction. The sample consisted of 20 volunteers, who were randomized into 3 groups: 1) Basal Control (BC, n= 7), composed of volunteers who performed only the evaluations, 2) Whey Protein associated with NMES group (WE, n= 7), composed of volunteers submitted to NMES in the quadriceps femoris and Whey Protein supplementation, with a dose of 20g, three times a week for two consecutive weeks, 3) NMESgroup (EE, n= 6), composed of volunteers submitted only to NMES in the quadriceps femoris. All groups were evaluated in two moments: preoperative and postoperative. The following evaluation methods were used: evaluation form, estimated thigh measurement and surface electromyography (EMGs) in maximal voluntary isometric contraction (MVIC) of the femoral rectus (FR), vastus medialis (VM), vastus lateralis (VL), semitendinosus (ST), femoral biceps (FB), gluteus maximus (GMAX), gluteus medius (GMED) and gastrocnemius medial head (G) muscles. After, it was performed simultaneously, the kinematic, baropodometric and EMG evaluations of the muscles mentioned above during the bipodal mini squat, with eyes open and subsequently closed. The results showed that only the WE group presented no decrease in the GMED muscle EMG activity in the MVIC of the operated limb. During the postoperative evaluation there was a decrease in the EMG activity of VM muscle in the operated limb during the mini squat with open eyes (p: 0.007) and closed eyes (p: 0.008) of the BC group. No difference was observed in the estimated thigh measurement at the postoperative moment in all study groups. It can be concluded that in the studied sample, whey protein associated with NMES was effective to maintain GMED muscle EMG activity during the MVIC. The NMES isolated or associated with whey protein was effective to maintain VM muscle EMG activity and prevented asymmetries in the body mass distribution during the mini squat movement in the studied sample. The interventions used in this study did not prevent asymmetry and kinematic alterations; however, there were some differences in the compensatory strategies between the

groups. The estimated thigh volume measure did not change significantly after fifteen days of ACL reconstruction.

**Key words:** Anterior Cruciate Ligament, Electric Stimulation, Supplementary Feeding, Muscles, Rehabilitation.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	- Análise de variância
BF-	- Músculo Bíceps Femoral
CB	- Grupo Controle Basal
CIVM	- Contração Isométrica Voluntária Máxima
CIVMn	- Contração Isométrica Voluntária Máxima Normalizada
EE	- Grupo Estimulação Elétrica Neuromuscular
EENM	- Estimulação Elétrica Neuromuscular
EMGs	- Eletromiografia de Superfície
g	- Gramas
G	- Músculo Gastrocnêmio Cabeça medial
GMAX	- Músculo Glúteo Máximo
GMED	- Músculo Glúteo Médio
LCA	- Ligamento Cruzado Anterior
M	- Músculo
Mm	- Músculos
RF	- Músculo Reto Femoral
RMS	- Root Mean Square
S	- Segundos
ST	- Músculo Semitendíneo
TCLE	- Termo de Consentimento Livre Esclarecido
VL	- Músculo Vasto Lateral
VM	- Músculo Vasto Medial
WE	- Grupo <i>Whey Protein</i> associado à Estimulação Elétrica Neuromuscular
SENIAM	- Sociedade Européia de Eletromiografia de Superfície

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Apresentação dos valores médios $\pm$ desvio padrão de idade, massa corporal, estatura, IMC, tempo de lesão, e tipo de enxerto utilizado nos diferentes grupos do estudo. ....	43
Tabela 2-	Análise eletromiográfica normalizada da contração isométrica voluntária máxima (CIVMn) dos músculos do membro inferior do joelho lesionado nos diferentes grupos do estudo nos momentos pré e pós-operatório. ....	44
Tabela 3-	Análise eletromiográfica normalizada da contração isométrica voluntária máxima (CIVMn) dos músculos do membro inferior do joelho saudável nos diferentes grupos do estudo nos momentos pré e pós-operatório. ....	45
Tabela 4-	Análise eletromiográfica normalizada dos músculos do membro inferior do joelho lesionado durante o miniagachamento com apoio bipodal, com os olhos abertos, nos diferentes grupos do estudo nos momentos pré e pós-operatório. ....	46
Tabela 5-	Análise eletromiográfica normalizada dos músculos dos músculos do membro inferior saudável dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, na avaliação pré-operatória e pós-operatória. ....	47
Tabela 6-	Análise eletromiográfica normalizada dos músculos do membro inferior lesionado dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, na avaliação pré e pós-operatória. ....	48
Tabela 7-	Análise eletromiográfica normalizada dos músculos do membro inferior saudável dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, na avaliação pré operatória e pós-operatória. ..	49
Tabela 8-	Distribuição de massa dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, do membro lesionado e saudável, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, na avaliação pré e pós-operatória. ....	50
Tabela 9-	Distribuição de massa dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, do membro inferior lesionado e saudável, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, na avaliação pré e pós-operatória. ....	51
Tabela 10-	Avaliação estabilométrica do centro de pressão corporal (COP) durante miniagachamento bipodal com os olhos abertos e olhos fechados, na avaliação pré e pós-operatória. ....	52
Tabela 11-	Análise da cinemática do quadril dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória. ....	53
Tabela 12-	Análise da cinemática do joelho dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória. ....	53

Tabela 13- Análise da cinemática do quadril dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória.....	54
Tabela 14- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória.....	55
Tabela 15- Análise da cinemática do quadril dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. ....	56
Tabela 16- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. ....	57
Tabela 17- Análise da cinemática do quadril dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. ....	58
Tabela 18- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. ....	59
Tabela 19- Análise do volume estimado da coxa dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, na avaliação pré e pós- operatória. ....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Laboratório de Marcha, UNIFAL-MG. ....	28
Figura 2- Fluxograma do estudo.....	29
Figura 3- Posicionamento para a coleta da EMGs.. ....	33
Figura 4- Distribuição da massa corporal nas regiões anterior, posterior, membro lesionado e saudável.....	35
Figura 5- Avaliação da área do Centro de Pressão (COP) dos pés (A, C) e do corpo (B). ....	36
Figura 6- Modelo biomecânico utilizado no presente estudo.....	38
Figura 7- Modelo do volume estimado da coxa .....	40
Figura 8- Aparelho de EENM utilizado no presente estudo.....	41
Figura 9- Posicionamento do voluntário durante a intervenção da EENM. ....	41

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1 LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.....	17
2.2 RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.....	19
2.3 ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR .....	22
2.4 <i>WHEY PROTEIN</i> .....	24
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	26
3.1 OBJETIVO GERAL.....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	26
<b>4. MATERIAIS E METODOS</b> .....	27
4.1 ASPECTOS ÉTICOS .....	27
4.2 DESENHO DO ESTUDO.....	27
4.3 LOCAL DO ESTUDO .....	27
4.4 AMOSTRA.....	28
4.5 AVALIAÇÕES.....	30
4.6 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO.....	30
<b>4.6.1 Ficha de Avaliação</b> .....	30
<b>4.6.2 Eletromiografia de Superfície (EMGs)</b> .....	30
<b>4.6.3 Baropodometria</b> .....	35
<b>4.6.4 Cinemática</b> .....	36
<b>4.3.5 Volume estimado da coxa</b> .....	39
4.7 INTERVENÇÕES .....	40
<b>4.7.1 Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM)</b> .....	40
<b>4.7.2 Suplementação com <i>Whey Protein</i></b> .....	42
4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	42

<b>5. RESULTADOS</b> .....	43
5.1 ELETROMIOGRAFIA .....	43
5.2 BAROPODOMETRIA .....	50
<b>5.2.1 Distribuição de massa</b> .....	50
<b>5.2.2 Estabilometria</b> .....	51
5.3 CINEMÁTICA .....	52
5.4 VOLUME ESTIMADO DA COXA .....	60
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	61
6.1 ELETROMIOGRAFIA .....	61
<b>6.1.1 Membro Operado</b> .....	61
<b>6.1.2 Membro Saudável</b> .....	65
6.2 BAROPODOMETRIA .....	66
<b>6.2.1 Distribuição de Massa Corporal</b> .....	66
<b>6.2.1 Estabilometria</b> .....	66
6.3 CINEMÁTICA .....	68
<b>6.3.1 Membro Operado</b> .....	68
<b>6.3.2 Membro Saudável</b> .....	70
6.4 VOLUME ESTIMADO DA COXA .....	70
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	72
<b>8. LIMITAÇÕES DO ESTUDO</b> .....	73
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	74
<b>APÊNDICES</b> .....	83
APÊNDICE A- Termo De Consentimento Livre Esclarecido .....	83
APÊNDICE B- Ficha de Avaliação .....	85
<b>ANEXO</b> .....	87
ANEXO A- Parecer Consubstancial do CEP .....	87

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem se observado o aumento da prática de atividade física. Para que a atividade física ocorra de maneira segura é necessária uma boa função da articulação do joelho. Esta é uma das articulações do corpo humano mais lesionadas entre os praticantes de atividade física (PEREIRA et al., 2016). Essas lesões geram uma grave repercussão clínica, principalmente entre os atletas (OLIVEIRA et al., 2016). Entre as lesões de joelho, a ruptura do Ligamento Cruzado Anterior (LCA) é uma das mais frequentes, sendo o ligamento mais lesionado do joelho (LEPLEY et al., 2014; PEREIRA et al., 2016; PATEL et al., 2017).

Este ligamento é responsável pela estabilização anteroposterior e rotacional do joelho, o qual limita o deslocamento anterior excessivo da tíbia em relação ao fêmur, e também atua como estabilizador secundário para rotação da tíbia (MANSKE; PROHAKSA; LUCAS, 2012; PATEL et al., 2017).

A ruptura do LCA é uma lesão comum, que ocorre principalmente em pessoas jovens que praticam atividade física (MONK et al., 2016; ŁYP et al., 2018). O tratamento da ruptura do LCA pode ser realizado de maneira conservadora por meio de cirurgia (HAUGER et al., 2017). Uma das principais indicações para a cirurgia de reconstrução do LCA está ligada ao nível de atividade física e a faixa etária, sendo que atletas e jovens que apresentem dor e instabilidade são comumente priorizados para essa abordagem (OLIVEIRA et al., 2014). A cirurgia de reconstrução desse ligamento é um procedimento cirúrgico ortopédico muito realizado anualmente (OLIVEIRA et al., 2016; ICHIBA et al., 2016; CURY et al., 2017; VINAGRE et al., 2017).

Após a reconstrução do LCA algumas complicações são comuns, como dor na parte anterior do joelho, lassidão do enxerto, déficit da extensão do joelho, atrofia persistente e perda de força do quadríceps femoral (GUIMARÃES, CARVALHO JUNIOR, TERRA, 2009; FRANCO et al., 2013; MENDIAS et al., 2013). O tratamento precoce no pós-operatório é seguro e deve ser iniciado o mais rápido possível (OLIVEIRA et al., 2014; ŁYP et al., 2018).

Para que a recuperação durante o pós-operatório seja eficaz e o paciente retorne às suas atividades funcionais e esportivas é importante esforços profissionais para atingir alguns objetivos, como diminuição do edema, aumento da amplitude de movimento, melhora da resistência, circunferência da coxa, exame geral do joelho, força e potência muscular, principalmente do quadríceps femoral (DAVINI et al., 2005; HAUGER et al., 2017).

Neste contexto, uma intervenção eficaz e segura que pode ser utilizada precocemente

para melhorar a força do quadríceps femoral após a reconstrução do LCA é o uso da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) (KIM et al., 2010; HAUGER et al., 2017).

O objetivo do uso da EENM após a reconstrução do LCA é atenuar a perda de força muscular, diminuir a atrofia, reparar e melhorar a função e força do quadríceps, auxiliando no recrutamento das fibras inativas do músculo (KIM et al., 2010; HAUGER et al., 2017).

A atrofia muscular pode ocorrer após períodos de imobilização e procedimentos cirúrgicos, como a reconstrução do LCA (THOMAS et al., 2016). Para auxiliar a manutenção da massa muscular o estímulo ao músculo é muito importante, mas também deve ser considerado alimentação, em especial a ingestão de proteínas, pois ela que irá fornecer a base proteica necessária para estimular a síntese de proteínas musculares (DIRKS; WALL; VAN LOON, 2017). Nesse sentido, uma intervenção que pode ser associada à EENM para tentar minimizar a perda de força e atrofia muscular devido ao desuso a curto prazo é o *whey protein* (DIRKS; WALL; VAN LOON, 2017). O *whey protein* é um suplemento alimentar abundante em aminoácidos essenciais, que são importante para auxiliar a estimular a síntese de proteínas musculares (NIITSU et al., 2016).

Considerando que a EENM e suplementação proteica podem atenuar o processo de perda de força e atrofia muscular, esse processo justifica-se por avaliar o efeito da suplementação com *Whey Protein* associado à estimulação elétrica neuromuscular do quadríceps femoral em voluntários submetidos à reconstrução do LCA.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir serão apresentados os tópicos referente à revisão de literatura.

### 2.1 LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

O LCA foi mencionado pela primeira vez por Hipócrates há mais de 2000 anos (IRARRÁZAVAL, 2017). É um ligamento intracapsular e extra-sinovial, que pode ser dividido em dois grupos de fibras funcionais distinguíveis: a anteromedial e posterolateral, que são denominadas de acordo com o local em que são inseridas na tíbia, esses feixes de fibras diferem no comprimento, sendo que o anteromedial é maior que o posterolateral (PETERSEN; TILMAN, 2002; MALL et al., 2013; IRARRÁZAVAL, 2017; JAMIL et al., 2017). O LCA apresenta sua inserção proximal na região medial do côndilo femoral lateral, e a inserção distal localizada na região intercondilar medial da tíbia (PETERSEN; TILMAN, 2002; ASTUR et al., 2012). Esse ligamento recebe suprimento sanguíneo das artérias genicular média, genicular medial e lateral inferior, entretanto o suprimento sanguíneo não é homogêneo (JAMIL et al., 2017).

Esse ligamento apresenta função importante na estabilidade estática e dinâmica do joelho, sendo uma das principais estruturas estabilizadoras anteroposterior e rotacional do joelho, com a função de limitar o deslocamento anterior excessivo da tíbia em relação ao fêmur, além de ser estabilizador secundário para rotação da tíbia e movimento de valgo e varo quando o joelho encontra-se em extensão total (MANSKE; PROHAKSA; LUCAS, 2012; MALL et al., 2013; ARAGÃO et al., 2015; MONK et al., 2016; JAMIL et al., 2017; PATEL et al., 2017). Além da função estabilizadora, tem sido demonstrado que o LCA também apresenta função sensorial, devido aos mecanorreceptores presentes (COSSICH et al., 2014; CAVALCANTE et al., 2016; VAN MELICK et al., 2016; NEMATOLLAHI et al., 2017).

Os mecanorreceptores são responsáveis por informar a posição articular e direção dos movimentos, sendo assim, após a lesão do LCA os indivíduos podem apresentar uma alteração do controle neuromuscular do joelho, diminuição da consciência de posicionamento articular e percepção da mudança de posição (CAVALCANTE et al., 2016; VAN MELICK et al., 2016). Essas alterações da propriocepção podem inibir as unidade motoras dos músculos extensores do

joelho e conseqüentemente contribuir para uma diminuição da força desses músculos (CAVALCANTE et al., 2016).

A ruptura do LCA é uma lesão comum, estima-se que no Estados Unidos (EUA) ocorra 200-250 mil lesões do LCA por ano (FAILLA et al., 2015; ERICKSON; PHAM; HARO, 2016; MONK et al., 2016). Pessoas jovens que praticam atividades físicas apresentam maior probabilidade de ter uma lesão do LCA ( MONK et al., 2016; ŁYP et al., 2018). Em relação ao gênero é constatado que mulheres apresentam maiores chances de sofrerem uma lesão do LCA (WHITEHEAD, 2013).

A maioria das lesões do LCA ocorrem sem contato durante uma atividade dinâmica, entretanto podem ocorrer devido à um trauma direto (PETERSON; KRABAK, 2014; KAEDING; LÉGER-ST-JEAN; MAGNUSSEN, 2016; LEPLEY; KUENZE, 2018). As lesões sem contato correspondem a aproximadamente 70-84% das lesões, sendo que o principal mecanismo de lesão ocorre quando o indivíduo realiza uma hiperextensão repentina, associado ao valgo e rotação de joelho excessiva, enquanto o pé encontra-se fixo ao solo (CAVALCANTE et al., 2016; JAMIL et al., 2017). Lesões de contato correspondem a aproximadamente 30%, e comumente ocorrem quando há uma desaceleração brusca e uma colisão gerando cisalhamento na forma um valgo ou varo de joelho (JAMIL et al., 2017).

A lesão do LCA pode ocorrer isoladamente, entretanto, na maioria dos casos ocorre lesão associado de outras estruturas, como ligamentos colaterais, meniscos e do osso subcondral (MONK et al., 2016). Quando há uma lesão do LCA o indivíduo apresenta maiores chances de desenvolver outras lesões, como lesões meniscais e cartilaginosas (MALL et al., 2013).

Alguns movimentos do quadril e joelho predispõe ao risco de desenvolver uma lesão do LCA, como aumento da abdução do joelho, rotação medial da tíbia, adução do quadril, rotação interna do quadril, diminuição da flexão do quadril e joelho durante uma aterrissagem (KAEDING; LÉGER-ST-JEAN; MAGNUSSEN, 2016).

O diagnóstico da ruptura do LCA é realizado através de exames clínicos, exames de imagem, e se necessário, avaliação artroscópica (TEMPONI et al., 2015). A anamnese e exame físico podem sugerir lesão do LCA, entretanto o padrão ouro para confirmar o diagnóstico de lesão do LCA é a ressonância magnética, que também é utilizada para verificar se há outras estruturas lesionadas (KAEDING; LÉGER-ST-JEAN; MAGNUSSEN, 2016; MONK et al., 2016).

A lesão do LCA pode ser tratada conservadoramente ou através de cirurgia (HAUGER et al., 2017). O tratamento conservador inclui crioterapia, eletroterapia, exercícios de fortalecimento e alongamento muscular, cardiovascular e treinamento proprioceptivo

(TEMPONI et al., 2015; MONK et al., 2016).

Para a escolha dos tratamentos das lesões do LCA deve ser considerado o perfil do paciente, tempo de lesão, se houve lesões associadas, nível de atividade física e objetivos do paciente (OLIVEIRA et al., 2014). Uma das principais indicações para a cirurgia de reconstrução do LCA está ligada ao nível de atividade física e a faixa etária, sendo que atletas e jovens que apresentam dor e instabilidade são comumente eleitos para essa abordagem (OLIVEIRA et al., 2014).

## 2.2 RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

Atualmente a cirurgia de reconstrução do LCA é um dos procedimentos cirúrgicos ortopédicos mais realizados, nos EUA ocorrem aproximadamente cento e vinte cinco mil cirurgias desse tipo por ano, das quais 85-95% dos casos apresentam bons resultados. (OLIVEIRA et al., 2016; ICHIBA et al., 2016; CURY et al., 2017; VINAGRE et al., 2017). Não foi encontrado na literatura dados sobre a incidência de lesões e reconstruções do LCA no Brasil.

A reconstrução do LCA visa reparar a estabilidade articular, cinemática do joelho e função aos níveis pré-lesão, substituindo o ligamento lesionado (MALL et al., 2013; MONK et al., 2016). Para a reconstrução do LCA pode ser utilizado três tipos de enxertos: um substituto sintético, aloenxerto (que são enxertos de doadores de cadáveres humanos) e o auto enxerto (o sítio doador é do próprio corpo do paciente), que é o mais comum (MONK et al., 2016). Os auto enxertos mais utilizados são o terço médio do tendão patelar e os tendões dos músculos semitendíneo e grácil (ALVES et al., 2009; MALL et al., 2013).

A recuperação após reconstrução do LCA gera um alto custo financeiro, além de causar um grande impacto funcional devido a complicações comuns, como dor na parte anterior do joelho, lassidão do enxerto, déficit da extensão do joelho, diminuição da circunferência da coxa, atrofia persistente e perda de força do quadríceps femoral. (GUIMARÃES, CARVALHO JUNIOR, TERRA, 2009; HASEGAWA et al., 2011; FRANCO et al., 2013; MENDIAS et al., 2013).

Apesar da reconstrução do LCA apresentar resultados satisfatórios, sabe-se que indivíduos que foram submetidos à esse procedimento apresentam mais chances de terem uma lesão do LCA ipsilateral e contralateral (ERICKSON; PHAM; HARO, 2016).

A reabilitação após a reconstrução do LCA deve ser iniciada o mais rápido possível (LYP et al., 2018). O tratamento precoce no pós-operatório é seguro e uma ótima escolha para aqueles que precisam de uma rápida recuperação e sem intercorrências (OLIVEIRA et al., 2014). Nas últimas décadas, a reabilitação dos voluntários que foram submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA sofreu diversas alterações, sendo um tema estudado por pesquisadores na área de ortopedia (OLIVEIRA et al., 2014; LUZO et al., 2016).

Os principais objetivos durante a reabilitação desses pacientes são readquirir a amplitude de movimento completa do joelho, resolver a inflamação, diminuir o risco de recidiva de lesão, eliminação da atrofia muscular, melhorar a propriocepção, reestabelecer e melhorar a força muscular e retornar as atividades a níveis pré-lesão (SVEN et al., 2011; SAKA, 2014; MONK et al., 2016). Apesar do retorno ao esporte e práticas de atividade física ser um objetivo da maioria dos pacientes, menos de 50% dos atletas conseguem retornar aos níveis pré lesão no primeiro ano após a reconstrução do LCA (ZWOLSKI et al., 2015).

São necessários esforços profissionais para que a recuperação durante o pós-operatório seja eficaz e rápida, permitindo o retorno do paciente às suas atividades funcionais e esportivas (DAVINI et al., 2005). Para que isso seja possível alguns objetivos são necessários, como diminuição do edema, aumento da amplitude de movimento, melhora da propriocepção, melhora da resistência, circunferência da coxa, força e potência muscular, principalmente do quadríceps femoral (DAVINI et al., 2005; HAUGER et al., 2017).

O quadríceps femoral é composto pelos músculo reto da coxa, vasto lateral, vasto intermédio e vasto medial (DAVINI et al, 2005; LEFEBVREVE et al., 2006). Esses são os principais músculos do compartimento anterior da coxa e têm importante relação com a estabilidade, controle do membro inferior e cinemática do joelho (DAVINI et al., 2005; THOMAS et al., 2016).

Comumente os pacientes submetidos à reconstrução do LCA apresentam atrofia persistente e perda de força do quadríceps femoral (MENDIAS et al., 2013). Apesar de não haver danos diretos ao músculo ou ao nervo femoral, a fraqueza do músculo quadríceps femoral é a principal disfunção muscular presente em pessoas que são submetidas à reconstrução do LCA, o que pode persistir por mais de dois anos após a cirurgia (FAILLA et al., 2015; CAVALCANTE, et al., 2016). Essa implicação parece ocorrer para todos os tipos de enxertos utilizados (MENDIAS et al., 2013).

A fraqueza persistente do quadríceps femoral está relacionada à diminuição da performance física, aumento do risco de recidiva de lesão, diminuição da estabilidade funcional do joelho, além de poder alterar a cinemática do joelho e predispor ao desenvolvimento de

osteoartrite precoce (ALVES et al., 2009; MENDIAS et al., 2013; LEPLEY et al., 2014, ZWOLSKI et al., 2015; THOMAS et al., 2016).

Após a reconstrução do LCA é comum que o indivíduo tenha uma tendência a proteger o membro operado, diminuindo a carga e limitando seus movimentos, o que pode favorecer atrofia e perda de força muscular (ARAGÃO et al., 2015). Sendo que os principais fatores para a perda de força e atrofia muscular do quadríceps são o período de imobilização, desuso, diminuição da sobrecarga, déficit da capacidade de ativar as fibras musculares disponíveis são os fatores que causam a fraqueza do quadríceps femoral e a inibição muscular artrogênica, o que gera uma ativação incompleta do músculo promovendo grave perda de trofismo (ALVES et al., 2009; CAVALCANTE, et al., 2016; HAUGER, et al., 2017; ŽARGI et al., 2017).

A inibição muscular artrogênica músculo do quadríceps femoral é um reflexo inibitório da musculatura da região do joelho que ocorre quando há danos articulares, dor, edema e inflamação (BREMNER et al., 2017). Essa inibição impede a ativação voluntária adequada do músculo, o que gera uma ativação incompleta do musculo e faz com que ocorra fraqueza do quadríceps femoral e dificuldade no ganho de força dessa musculatura, entretanto os mecanismos que levam a essa inibição ainda não foram elucidados (CAVALCANTE et al., 2016; HAUGER et al., 2017; ZARGI et al., 2017; BREMNER et al., 2017).

Acredita-se que essa inibição do músculo quadríceps femoral seja um mecanismo de proteção para evitar lesões, entretanto, se a mesma persistir pode se tornar um fator que irá limitar a reabilitação (HARKEY; GRIBBLE; PIETROSIMONE, 2014). É importante intervenções que visem melhorar a ativação voluntária do quadríceps femoral (HARKEY; GRIBBLE; PIETROSIMONE, 2014). A restauração precoce da força do quadríceps femoral irá influencia positivamente nas próximas fases da reabilitação (SAKA, 2014).

A massa muscular é regulada pelo equilíbrio entre as taxas síntese e degradação de proteínas musculares ( KOBAYASHI et al., 2016; RUDRAPPA et al., 2016). Quando ocorre um desequilíbrio entre esses dois processos, com a degradação de proteínas prevalecendo sobre a síntese das mesmas ocorre a perda de massa muscular (WALL et al., 2012). Ou seja, a atrofia é caracterizada por uma diminuição da síntese de proteínas musculares, e consequente diminuição do diâmetro da fibra e força (GUO et al., 2012).

Quando atividade física é limitada ou não pode ser realizada, é importante utilizar intervenções para limitar a atrofia por desuso, como exercícios, estimulação elétrica neuromuscular e nutrição proteica (WALL et al., 2012; RUDRAPPA et al., 2016). É importante ressaltar que os dois principais estímulos anabolizantes para o músculo esquelético são a contração muscular e a ingestão de alimento, especificamente proteínas (DIRKS; WALL; VAN

LOON, 2017).

A contração muscular é o meio mais eficaz para estimular a síntese de proteínas musculares, entretanto quando a atividade física é limitada uma intervenção que pode ser utilizada com o objetivo de gerar uma contração muscular e assim estimular o anabolismo muscular é a EENM (DIRKS; WALL; VAN LOON, 2017).

### 2.3 ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR

A EENM corresponde aplicação de uma série de estímulos elétricos aos músculos, com o objetivo de gerar contrações musculares visíveis, sendo necessário que para essa estimulação o nervo motor esteja intacto (MAFFIULETTI, 2010).

A corrente Russa é uma das modalidades de EENM, que foi desenvolvida por Kots, da década de 70, que corresponde a uma corrente alternada de média frequência (2500 Hz) (VANDERTHOMMEN; DUCHATEAU, 2007; ABDALA; BERTONCELLO; CARVALHO, 2009; SANTOS; SOUZA; SANTOS, 2013).

O recrutamento das unidades motoras durante o uso da EENM é diferente das contrações voluntárias (MAFFIULETTI, 2010). Contrariamente à contração voluntária, durante o uso da EENM ocorre um recrutamento de unidades motoras, que é conhecido por ser aleatório ou não seletivo, espacialmente fixo e temporalmente sincronizado (BERGQUIST et al., 2011; NATSUME et al., 2018). Aleatório ou não seletivo corresponde as as unidade motoras serem ativadas sem uma sequência lógica em relação ao tipo de fibra muscular, ou seja, a EENM pode recrutar unidade motoras rápidas e lentas ao mesmo tempo (MAFFIULETTI, 2010). Em relação ao recrutamento espacialmente fixo, a EENM estimula às mesmas fibras musculares, esse recrutamento diminui conforme aumenta a distância do eletrodo (MAFFIULETTI, 2010). Temporalmente sincronizado é caracterizado pelo recrutamento da EENM ser síncrono, enquanto as contrações voluntárias geram um recrutamento assíncrono (MAFFIULETTI, 2010).

As principais limitações em relação ao uso da EENM é o desconforto, recrutamento muscular limitado, fadiga precoce, dosagem problemática e pouca ativação funcional (GLAVIANO; LANGSTON; HART, 2014; MAFFIULETTI et al., 2018).

Há uma grande variabilidade nos resultados dos ensaios clínicos utilizando EENM, entretanto, isso pode ocorrer devido à variabilidade dos parâmetros e posicionamento dos

eletrodos utilizados, os quais irão influenciar na eficácia do tratamento (KIM et al., 2010; BICKEL; GREGORY; DEAN, 2011).

A frequência de pulso, medida em hertz (Hz), corresponde as taxas de pulsos que são entregues. Uma frequência mais alta irá resultar em maior força, entretanto é importante ressaltar que está diretamente relacionada à fadiga muscular (VANDERTHOMMEN; DUCHATEAU, 2007). É recomendado utilizar frequências altas o suficiente (20-40Hz) para produzir força, mas não mais altas que 60Hz, pois geram fadiga rapidamente (BERGQUIST et al., 2011).

A intensidade da corrente, comumente medida em miliamperes (mA), reflete indiretamente a quantidade músculo estimulado durante o uso da EENM (BICKEL; GREGORY; DEAN, 2011). Conforme aumenta a intensidade, mais unidades motoras são ativadas, aumentando a força. (BICKEL; GREGORY; DEAN, 2011). Kim et al (2010) verificou em sua revisão sistemática que a maioria do estudos incluídos utilizaram uma intensidade considerando o máximo tolerado pelo indivíduo (KIM et al., 2010). É importante motivar o indivíduo a tolerar uma maior intensidade da corrente para obter uma contração intensa(VANDERTHOMMEN; DUCHATEAU, 2007).

A combinação de esforço voluntário ou pensar na ação muscular associado à EENM parece apresentar mais plasticidade quando comparado ao uso da EENM isolado em pacientes que sofrem acidente vascular encefálico, entretanto, se o objetivo principal for aumentar a força não é necessário o esforço voluntário simultâneo (NUSSBAUM et al., 2017). Sempre que possível é importante associar o uso da EENM à um programa de exercícios (NUSSBAUM et al., 2017).

A EENM é uma intervenção eficaz e segura para manter a massa muscular em períodos curtos de desuso (DIRKS et al., 2014). O uso da EENM pode ser benéfico para diversas populações que podem apresentar atrofia, como pacientes em ventilação mecânica, estados avançados de doenças, atletas em reabilitação, condições musculoesqueléticas, e durante pós-operatórios (DIRKS et al., 2014; NUSSBAUM et al., 2017).

A EENM é utilizada durante a reabilitação com o objetivo de preservar a função muscular, limitar a atrofia e perda de força durante o desuso, restaurar a função muscular, reeducar e melhorar a atividade muscular (VANDERTHOMMEN; DUCHATEAU, 2007; GLAVIANO; MAFFIULETTI, 2010; HAUGER et al., 2017; MAFFIULETTI et al., 2018).

É comum seu uso para estimular o músculo quadríceps femoral após lesões ou cirurgias do joelho (VANDERTHOMMEN; DUCHATEAU, 2007). A EENM deve ser utilizada nas fases iniciais do tratamento, quando os exercícios de contração voluntária são limitados devido

à dor e inibição (VANDERTHOMMEN; DUCHATEAU, 2007).

Em pacientes submetidos à reconstrução do LCA, a EENM pode ser utilizada com a finalidade de diminuir a inibição muscular artrogênica, auxiliar a restaurar a força e minimizar atrofia do quadríceps femoral (KIM et al., 2010; LYNCH et al., 2012; LABANCA et al., 2017). Essa modalidade terapêutica apresenta resultados benéficos para melhorar a força do quadríceps quando aplicada no início da reabilitação de pacientes submetidos à reconstrução do LCA, entretanto não é totalmente necessária para que ocorra uma reabilitação bem sucedida (KIM et al., 2010; SAKA, 2014).

O estímulo muscular gerado pela EENM pode ser associado ao uso de suplementação proteica, com o objetivo de melhorar a síntese de proteínas musculares (ZANGE et al., 2017).

#### 2.4 WHEY PROTEIN

A *whey protein* é um subproduto da indústria de laticíneo, que é extraído da fabricação do queijo (DEVRIES; PHILLIPS, 2015; PATEL, 2015). É um dos suplementos alimentares mais utilizados por pessoas que objetivam uma hipertrofia muscular (DEVRIES; PHILLIPS, 2015).

A *whey protein* é um suplemento alimentar de proteínas de alta qualidade, rico em aminoácidos essenciais da cadeia ramificada, como leucina, isoleucina e valina (HA; ZEMEL, 2003; PATEL, 2015; DAVIES; CARSON; JAKEMAN, 2018; NIITSU et al., 2016). Esses aminoácidos, em especial a leucina, são responsáveis por auxiliar a estimular a síntese de proteínas musculares e assim favorecer o processo de anabolismo (ATHERTON; SMITH, 2012; JENSEN et al., 2016; NIITSU et al., 2016).

A *whey protein* é um suplemento muito pesquisado e bem descrito em relação a sua bioatividade e bioquímica, rico em peptídeos bioativos (PATEL, 2015; DAVIES; CARSON; JAKEMAN, 2018). A eficácia deste suplemento para estimular o anabolismo muscular está associado ao seu conteúdo rico em aminoácidos, digestibilidade e absorção rápida e alta biodisponibilidade no plasma e músculos (DEVRIES; PHILLIPS, 2015; KOBAYASHI et al., 2016).

A *whey protein* comumente é comercializada em três formas: concentrado, hidrolisado e isolado (PATEL, 2015). O concentrado contém gordura e lactose juntos com as proteínas, o isolado é composto por 90% de proteína e o hidrolisado é composto principalmente por

peptídeos, sendo um forma semi digerida da proteína (KANDA et al., 2013; PATEL, 2015)

A proteína consiste em cadeias longas de peptídeos com uma variedade de 20 aminoácidos, é o único macronutriente que serve como um composto estrutural e funcional, que fornece estrutura para os órgãos e células (JENSEN et al., 2016). A proteína é importante pois aumenta os aminoácidos no plasma, que são precursores para a síntese de proteínas musculares, assim auxiliando a estimular a síntese dessas proteínas (KOBAYASHI et al., 2016).

Comumente esse suplemento alimentar é utilizado para melhorar a saúde e estimular a síntese de proteínas musculares, sendo amplamente utilizado na área esportiva, com o objetivo de auxiliar o processo de aumento de força e hipertrofia muscular (JENSEN et al., 2016; DAVIES; CARSON; JAKEMAN, 2018). Entretanto, seu uso não é exclusivo de praticantes de atividades esportivas, recentemente vêm sendo estudado seu efeito em outras populações, como em idosos saudáveis para atenuar o processo de sarcopenia, associado a reabilitação após fratura de quadril (NIITSU et al., 2016; REIDY et al., 2017).

Para o uso da *whey protein* é importante considerar a dose que será ingerida. Em relação a esse fator, estudos verificaram resultados satisfatórios para estimular a síntese de proteínas musculares e assim favorecer o anabolismo muscular utilizando 20 g (MORTON; MCGLORY; PHILLIPS, 2015; WEST et al., 2017; DAVIES, CARSON; JAKEMAN, 2018).

Outro fator ainda controverso é o horário de consumir a suplementação. A este respeito, Schoenfeld, Aragon, Krieger (2013) em sua meta análise que analisou o efeito do tempo da ingestão de proteínas para a hipertrofia muscular verificou que o fator mais importante para influenciar a hipertrofia é a ingestão de proteínas e não o tempo em que a mesma foi ingerida, mas relatou que a falta de estudos dificulta realizar uma conclusão sobre essa tema (SCHOENFELD; ARAGON; KRIEGER, 2013). Outro estudo também conclui que é irrelevante se a administração foi realizada pré, durante ou pós exercício, mas não exclui a hipótese de que possa ser benéfico se consumir a suplementação proteica próximo a atividade física (ATHERTON; SMITH, 2012). Entretanto, outros autores consideram que o tempo de ingestão é uma variável importante para otimizar a síntese de proteínas musculares, sendo recomendado o uso das mesmas no período pós exercício (MORTON; MCGLORY; PHILLIPS, 2015).

### 3. OBJETIVOS

A seguir serão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos.

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo foi investigar o efeito da *Whey Protein* associado à estimulação elétrica neuromuscular do quadríceps femoral na atividade eletromiográfica dos músculos reto femoral, vasto lateral, vasto medial, baropodometria e cinemática de voluntários submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a atividade eletromiográfica dos músculos bíceps femoral (BF), semitendíneo (ST), gastrocnêmio cabeça medial (G), glúteo máximo (GMAX) e glúteo médio (GMED) antes e 15 dias após reconstrução do LCA nos diferentes grupos do estudo.

Avaliar a distribuição de massa, estabilometria corporal e do centro de pressão durante o miniagachamento com os olhos abertos e fechados antes e 15 dias após a reconstrução do LCA nos diferentes grupos do estudo.

Avaliar a cinemática do quadril e joelho durante o movimento de miniagachamento antes e 15 dias após a reconstrução LCA nos diferentes grupos do estudo.

Avaliar o volume estimado da coxa dos voluntários antes e 15 dias após a reconstrução do LCA nos diferentes grupos do estudo.

## **4. MATERIAIS E METODOS**

A seguir serão descritos os aspectos éticos, desenho do estudo, amostra, local do estudo, avaliações e instrumentos de avaliação.

### **4.1 ASPECTOS ÉTICOS**

Este estudo está de acordo com as normas de Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com seres humanos da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL)-MG, com o número de parecer 1.940.399 (ANEXO A). O estudo foi registrado ao Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (REBEC), com o seguinte identificador primário: RBR-4mb9xb.

### **4.2 DESENHO DO ESTUDO**

Este é um estudo do tipo ensaio clínico, randomizado, cego.

### **4.3 LOCAL DO ESTUDO**

Inicialmente, a triagem dos voluntários foi realizada nas clínicas médica especializadas na área Traumatologia e Ortopedia, localizadas na cidade de Alfenas-MG. Após a essa triagem, aqueles que se enquadravam nos critérios de inclusão foram convidados a realizar as avaliações e intervenções que foram realizadas no Laboratório de Marcha (Figura 1) da Clínica de Fisioterapia Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Cláudia Bonome Salate, da Universidade Federal de Alfenas, Unidade Educacional II, Bairro Santa Clara.

Figura 1- Laboratório de Marcha, UNIFAL-MG.



Fonte: Arquivo próprio.

#### 4.4 AMOSTRA

Foram realizadas entrevistas com 45 voluntários que seriam submetidos à cirurgia de reconstrução de LCA, entre outubro de 2016 a maio de 2018. Após a entrevista, todos os voluntários que se enquadravam nos critérios de inclusão foram convidados a participar dos protocolos de intervenção.

Para critérios de inclusão foram considerados: voluntários que apresentassem ruptura unilateral do LCA, verificado por meio de ressonância magnética e que estivessem com a cirurgia de reconstrução do LCA agendada. Foram incluídos voluntários com idade entre 18 e 50 anos. Os voluntários foram convidados a participar do estudo e instruídos sobre os procedimentos, riscos e benefícios de participarem da pesquisa, após esclarecimentos, se os mesmos aceitassem participar da pesquisa deveriam assinar o Termo de Consentimento Livre Esclarecido- TCLE (APÊNDICE A).

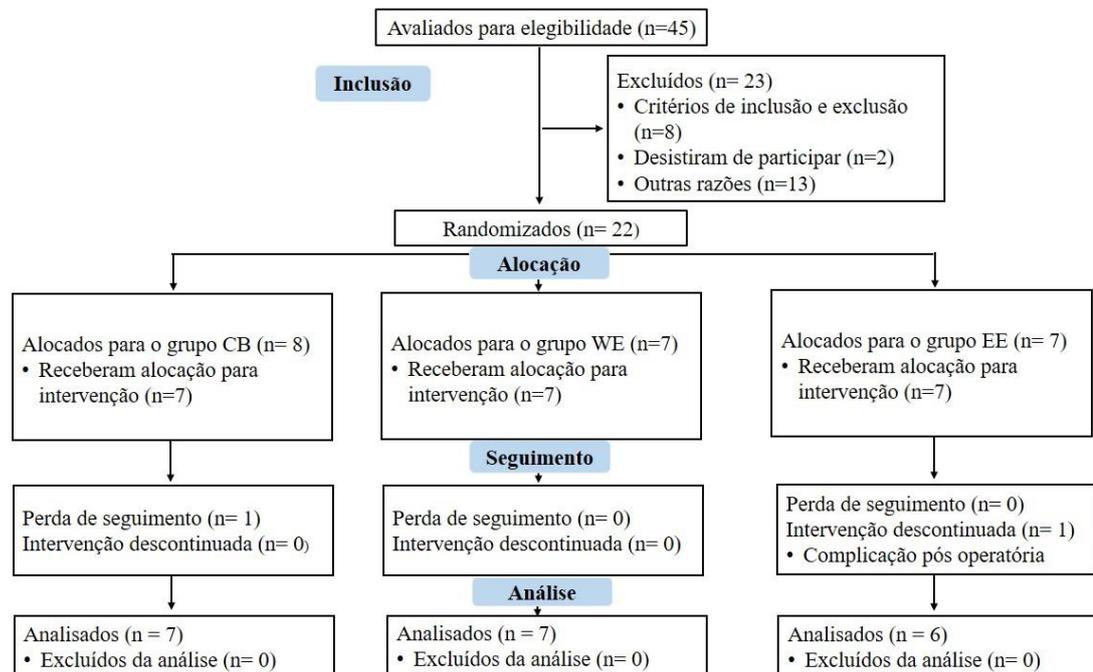
Critérios de exclusão: voluntários com histórico de cirurgia do membro inferior, histórico de doença renal, intolerância à lactose, diabetes e voluntários que se recusassem a assinar o TCLE.

Na figura 2 é apresentado um fluxograma com o desenho do estudo.

Após a entrevista foi realizada a randomização permutada em blocos 7 voluntários utilizando *app Random Number* por uma pesquisadora treinada, a qual foi responsável pelas intervenções. Outros pesquisadores foram responsáveis por realizar as avaliações e análise de dados de modo cego quanto à alocação dos voluntários.

A amostra foi composta por 22 voluntários do sexo masculino e foi dividida em três grupos: Controle Basal (CB), suplementação com *Whey Protein* associado com EENM do quadríceps femoral (WE) e apenas EENM quadríceps femoral (EE). O grupo CB foi composto por voluntários que realizaram somente as avaliações em dois momentos: avaliação pré-operatória e foram reavaliados quinze dias após a cirurgia. O grupo WE foi composto por voluntários submetidos à EENM e suplementação com a *Whey Protein*, com dose 20 g associado a 250ml de água como veículo (AKHAVAN, et al., MORTON; MCGLORY; PHILLIPIS, 2015). O grupo EE composto por voluntários submetidos somente a EENM do quadríceps femoral sendo administrado apenas o 250ml de água pré-intervenção. Um pesquisador foi responsável por realizar a intervenção com EENM e administrar a *Whey Protein* ou água aos voluntários. Todos os grupos foram orientados verbalmente quanto aos cuidados pós-operatórios imediatos, como o uso de crioterapia e início de descarga gradativa de peso no membro lesionado. Após a reavaliação todos os voluntários foram encaminhados a realizar o tratamento fisioterapêutico na Clínica de Fisioterapia da UNIFAL-MG.

Figura 2- Fluxograma do estudo.



Legenda: CB= grupo controle basal. WE= grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps femoral. EE= grupo EENM do quadríceps femoral.

## 4.5 AVALIAÇÕES

Todos os grupos foram submetidos a duas avaliações, realizadas em dois momentos distintos: uma avaliação prévia de aproximadamente sete dias antes da cirurgia (pré-operatória), e uma reavaliação quinze dias após o procedimento cirúrgico (pós-operatória). Para todos os grupos foram realizadas as avaliações utilizando os seguintes instrumentos e métodos de avaliação: ficha de avaliação, eletromiografia de superfície (EMGs), baropodometria, avaliação cinemática e medida estimada da coxa.

## 4.6 PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

A seguir serão descritos os procedimentos de avaliação.

### 4.6.1 Ficha de Avaliação

Inicialmente foi utilizado uma ficha de avaliação (APÊNDICE B), em que foram coletadas informações sobre dados pessoais (idade e sexo) e hábitos de vida (prática de atividade física e esporte), dados antropométricos (massa corporal, altura, índice de massa corpórea – IMC). Além disso, verificou-se os dados sobre a lesão e cirurgia (tempo de lesão, data do procedimento cirúrgico, médico responsável, tipo de enxerto e tratamentos prévios), além do teste de força manual do membro inferior e testes especiais para o joelho.

### 4.6.2 Eletromiografia de Superfície (EMGs)

A eletromiografia de superfície (EMGs) é um método não invasivo para avaliar a atividade dos músculos esqueléticos, que verifica os potenciais elétricos dos músculos

(FERREIRA; GUIMARÃES; SILVA, 2010). É utilizada para avaliar os potenciais de ação das unidades motoras e assim verificar o recrutamento, função e atividade muscular (THEISEN et al., 2016). Esse método pode ser utilizado para avaliar a eficácia da reabilitação ou exercícios físicos (BALSHAW et al., 2017). Os sinais da EMGs são captados por eletrodos não invasivos (CHOWDHURY et al., 2013).

Para avaliação eletromiográfica dos músculos reto femoral, vasto medial, vasto lateral, bíceps femoral, semitendíneo, gastrocnêmio cabeça medial, glúteo máximo e glúteo médio foi utilizado o aparelho *Trigno 8 Channel Wireless (EMGworks, Delsys Inc., Boston, USA)* equipado com *software EMGWorks 4.0 Acquisition*.

O modo de aquisição dos sinais eletromiográficos foi calibrado para uma frequência de amostragem de 1000Hz, calibrado com ganho de 1000 vezes, filtro de passa alta de 20Hz, filtro de passa baixa de 500Hz e filtro de 60Hz para impedir interferências da rede elétrica.

Para diminuir possíveis interferências na aquisição do sinal eletromiográfico realizou-se a tricotomia e limpeza da pele com álcool 70% no local em que foram posicionados os eletrodos que foram fixados na pele do voluntário com fita dupla face. Os eletrodos foram inseridos sobre os músculos a serem analisados conforme preconizado pela Sociedade Européia de Eletromiografia de Superfície (SENIAM) (HERMENS et al., 1999).

Foi realizada a avaliação eletromiográfica dos músculos durante o repouso, contração isométrica voluntária máxima (CIVM) e movimento de miniagachamento com os olhos abertos e posteriormente com os olhos fechados em cinco aquisições para cada condição.

A coleta em repouso foi realizada para verificar se havia alguma alteração nos sinais da EMG. Para a avaliação em repouso dos músculos reto femoral, vasto medial, vasto lateral e glúteo médio os voluntários foram posicionados em decúbito dorsal em uma maca, e para a avaliação dos músculo semitendíneo, bíceps femoral, gastrocnêmio cabeça medial e glúteo máximo os voluntários foram posicionados em decúbito ventral. Durante essa avaliação os mesmos foram instruídos a permanecer em repouso.

O sinal eletromiográfico foi coletado das musculaturas citadas anteriormente em CIVM contra resistência manual, a qual foi realizada sempre que possível pelo mesmo avaliador. Foram realizadas cinco repetições da CIVM com duração de seis segundos, entre cada coleta foi realizado um intervalo de trinta segundos.

Para a coleta eletromiográfica da CIVM a posição articular foi padronizada para todos os voluntários. Para o músculo glúteo médio o voluntário foi posicionado em decúbito lateral, com o membro a ser avaliado com 20 graus de abdução de quadril (Figura 3- A) (BOLGLA; UHL, 2007). Para os músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial o voluntário foi

posicionado sentado, com 60 graus de flexão de joelho (Figura 3- B) (ALBERTUS-KAJJE et al., 2011). Para o músculo gastrocnêmio cabeça medial, o voluntário foi posicionado em decúbito ventral, com o joelho estendido e o tornozelo em posição neutra (Figura 3- C) e os músculos semitendíneo e bíceps femoral foram avaliados em 45 graus de flexão de joelho (Figura 3- D) (HSU; KRISHNAMOORTHY; SCHOLZ, 2006). Para o músculo glúteo máximo, em decúbito ventral, cinco graus de extensão do quadril e joelhos fletidos a noventa graus. (Figura 3- E) (BOLGLA; UHL, 2007).

Figura 3- Posicionamento para a coleta da EMGs.



Nota: A- posicionamento para coleta da CIVM do músculo glúteo médio. B- posicionamento para a coleta da CIVM dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial. C- posicionamento para a coleta da CIVM do músculo gastrocnêmio cabeça medial. D- Posicionamento para a coleta da CIVM dos músculos semitendíneo e bíceps femoral. E- posicionamento para a coleta da CIVM do músculo glúteo máximo. F- Posicionamento durante a coleta simultânea do miniagachamento.

Fonte: Arquivo próprio.

Após a coleta da CIVM, todos os eletrodos foram posicionados novamente para a coleta simultânea do miniagachamento. Foi realizado cinco repetições, com duração de seis segundos, com os olhos abertos durante o movimento de miniagachamento e posteriormente cinco coletas com os olhos fechados. Os voluntários foram orientados a realizar o movimento de miniagachamento bipodal (Figura 3- F), com o objetivo de atingir 30 graus de flexão de joelho. Foi realizado descanso de trinta segundos entre cada coleta.

Para análise e interpretação dos registros foi utilizado o software *EMGWorks 4.0 Analysis* para obtenção dos parâmetros de *Root Mean Square* (RMS) e Pico, sendo excluído o primeiro e último segundo da coleta, totalizando quatro segundos.

Os dados da análise eletromiográfica brutos costumam ser sensíveis à diversos fatores, extrínsecos e intrínsecos (HALAKI; GINN, 2012). Os fatores extrínsecos são aqueles que podem ser atenuados pelo avaliador, como configuração do eletrodo, colocação do eletrodo, preparação da pele, temperatura e transpiração (HALAKI; GINN, 2012). Os fatores intrínsecos são aqueles que o avaliador não consegue controlar, como características bioquímicas, fisiológicas e anatômicas, fluxo de sangue no músculo, quantidade de tecido entre a superfície e o músculo (HALAKI; GINN, 2012). Esses fatores podem variar entre as pessoas e dias (HALAKI; GINN, 2012). Sendo assim a interpretação dos dados EMG brutos está sujeita a alguns problemas, o que torna indicado o processo de normalização dos dados brutos da EMG. Há diversos métodos de normalização dos dados, sendo que ainda não há um consenso sobre o melhor método a ser utilizado (HALAKI; GINN, 2012).

Para a normalização dos dados da CIVM foi utilizado o valor máximo obtido durante as coletas (Pico) como referência para normalizar os dados (HALAKI; GINN, 2012):

$$\text{Normalização} = \frac{\text{RMS da CIVM}}{\text{Pico RMS da CIVM}} \times 100$$

Para a normalização da EMG durante o miniagachamento, foi adotado como método de normalização dos dados a divisão do valor da EMG durante uma tarefa (miniagachamento) por um valor de referência da EMG do mesmo músculo (CIVM) (HALAKI; GINN, 2012) :

$$\text{Normalização} = \frac{\text{RMS do miniagachamento}}{\text{RMS da CIVM}} \times 100$$

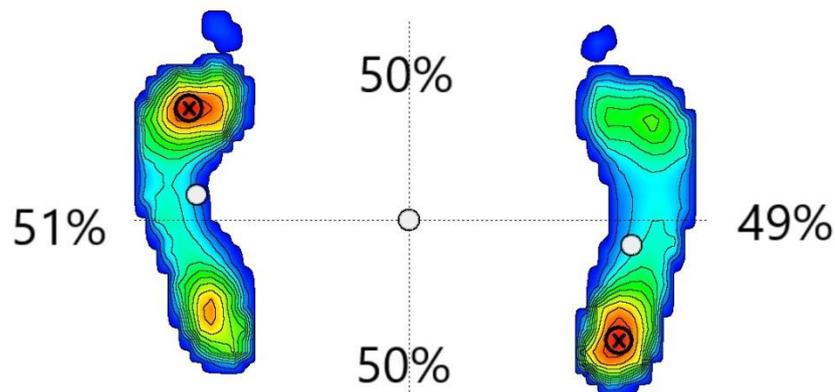
### 4.6.3 Baropodometria

Foi utilizado o baropodômetro *FootWork Pro* (IST- *Informatique*, França), com a finalidade de observar a distribuição de massa corporal, e avaliação do deslocamento do centro de pressão do corpo (COP) durante o movimento de miniagachamento com os olhos abertos e com os olhos fechados.

Os voluntários foram posicionados em ortostatismo sobre a plataforma com os pés equidistantes. O equilíbrio estático foi avaliado com olhos abertos e com o olhar direcionado a uma parede com uma distância de dois metros a sua frente. Em seguida, foi realizada a coleta simultânea do movimento de miniagachamento, primeiramente foram realizadas cinco repetições com os olhos abertos e posteriormente cinco repetições com os olhos fechados, o tempo de coleta para cada repetição foi de seis segundos, entre cada coleta foi realizado um descanso de 30 segundos, a fim de evitar possível fadiga. Os dados foram adquiridos a uma frequência de aquisição de 100 Hz e analisados no *software FootWork Pro v. 3.2.2.0* - (IST *Informatique*, França).

A análise de distribuição de massa corporal foi analisada nas regiões anterior, posterior, membro lesionado e saudável conforme apresentados na Figura 4.

Figura 4- Distribuição da massa corporal nas regiões anterior, posterior, membro lesionado e saudável

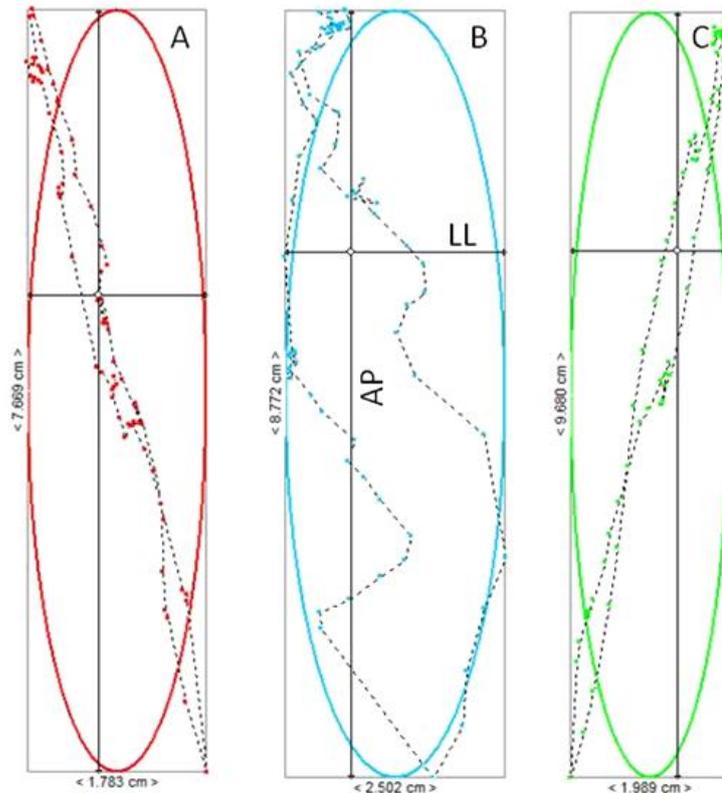


Fonte: Arquivo próprio

A avaliação da área de deslocamento do centro de pressão (COP) do corpo e dos pés foram utilizados para analisar o equilíbrio durante o movimento de miniagachamento no presente estudo. A área de COP é um índice da eficácia do sistema postural tônico em manter o centro de gravidade mais próximo da posição intermédia de equilíbrio. Em pessoas saudáveis,

a área de COP apresenta uma forma ligeiramente elíptica (ovoide) formada pela máxima oscilação no eixo ântero-posterior (AP) e pela máxima oscilação latero-lateral (LL), ambas representam matematicamente o diâmetro maior e menor da elipse formada (Figura 5). Comumente a área de COP é maior nas análises realizadas com os olhos fechados, sendo até 250% maior que aquelas com os olhos abertos (CULTRERA et al., 2010).

Figura 5- Avaliação da área do Centro de Pressão (COP) dos pés (A, C) e do corpo (B).



Fonte: Arquivo Próprio.

#### 4.6.4 Cinemática

Foram coletados dados dinâmicos dos movimentos dos quadris e joelhos, dos voluntários participantes no estudo, durante o movimento de miniagachamento.

Para a realização desse procedimento foi utilizado o sistema *Foundation Motion Capture Package*. Este dispositivo é equipado com seis câmeras infravermelhas *OptiTrack FLEX:VI00R2*, dispostas de forma ideal para a captura de todos os marcadores anatômicos de interesse e estava ligado a um computador equipado com o *software Motive*, capaz de permitir a captura de imagens para posterior análise tridimensional do movimento. As seis câmeras

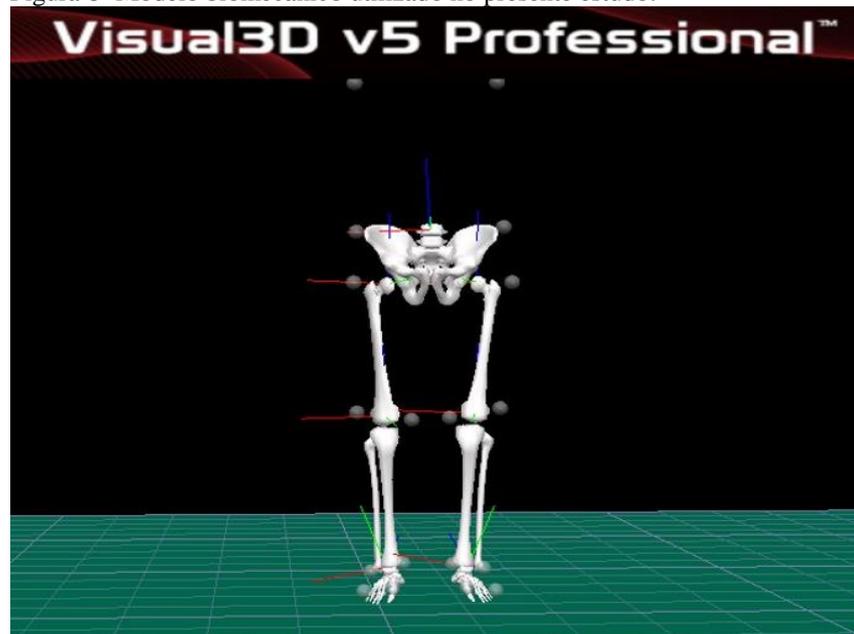
foram integradas a um sistema de captura de imagem em tempo real, apresentando um sinal de sincronismo através de cabo USB e dispositivo específico para sincronização das filmagens (*Optihub*).

O sistema conta ainda com um dispositivo de calibração do espaço onde a atividade foi realizada. Tal procedimento foi necessário no início de cada coleta de dados, sendo assim, antes de iniciar a avaliação era realizada a calibração das câmeras com objeto de calibração específico. Foram utilizados dezesseis marcadores refletivos (10 milímetro de diâmetro), os quais foram fixados à pele do voluntário por meio de fita dupla-face. Os marcadores foram posicionados sempre que possível pelo mesmo pesquisador nas seguintes superfícies anatômicas: 1 e 2: cristas ilíacas, 3 e 4: trocânter maior do fêmur, 5 e 6: epicôndilo medial do fêmur, 7 e 8: epicôndilo lateral do fêmur, 9 e 10 maléolo medial, 11 e 12 maléolo lateral, 13 e 14: superiormente à cabeça do 1º metatarso e 15 e 16: superiormente à cabeça do 5º metatarso. Todos os marcadores foram posicionados bilateralmente. Através desta distribuição de marcadores foi possível determinar o alinhamento da pelve, quadril, joelho, tornozelo e pé durante o miniagachamento, sendo possível realizar o registro das variações dos ângulos do quadril e joelho durante o movimento realizado. Esta análise permitiu estimar parâmetros de amplitude de um determinado movimento associado aos testes de avaliação.

Inicialmente foram realizadas duas coletas estáticas utilizadas para a identificação dos segmentos e criação do modelo biomecânico de cada voluntário (Figura 6). Os voluntários foram orientados a permanecer em posição ortostática, olhando para frente, com os pés alinhados e membro superior ao longo do corpo. Essas coletas tiveram a duração de dois segundos cada.

Posteriormente foi realizada a coleta dinâmica, em que os voluntários eram instruídos a realizar um movimento de miniagachamento, com o objetivo de atingir 30 graus de flexão de joelho, o qual era demonstrado com auxílio de um goniômetro, entretanto essa angulação não era controlada durante a avaliação. Após entenderem como seria realizada a avaliação foi iniciado as coletas. Foram realizadas cinco coletas com os olhos abertos durante o movimento de miniagachamento e posteriormente cinco coletas com os olhos fechados. Os voluntários foram instruídos quanto ao momento em que deveriam realizar o movimento, sendo realizado um descanso de trinta segundos entre cada coleta.

Figura 6- Modelo biomecânico utilizado no presente estudo.



Fonte: Arquivo próprio.

A análise de dados foi iniciada com a nomeação dos marcadores de acordo com a região em que foram fixados. Após foi utilizado o *software* Visual 3-D v5.0, e realizado a construção do modelo biomecânico de cada voluntário individualmente.

Para a construção do segmento da pelve foram utilizados os marcadores das cristas ilíacas e trocânter maior do fêmur (bilateralmente). O segmento coxa foi construído utilizando os marcadores do trocânter maior do fêmur e dos epicôndilos medial e lateral do fêmur. O segmento perna foi construído utilizando os marcadores referentes aos epicôndilos medial e lateral do fêmur e maléolos medial e lateral. O segmento pé foi construído utilizando os segmentos maléolos lateral e medial, cabeça do primeiro e quinto metatarso.

É recomendado pela Sociedade Internacional de Biomecânica que a cinemática dos membros inferiores seja quantificada utilizando a sequência de Cardan (X-Z-Y), onde o eixo X corresponde aos movimentos ocorridos no plano sagital: flexão e extensão, sendo a flexão era referente aos valores positivos e a extensão correspondia aos valores negativos. O eixo Z os movimentos ocorridos no plano transversal: rotação medial e lateral, onde a rotação medial era referente aos valores positivos e a rotação lateral referente aos valores negativos. O eixo Y corresponde aos movimentos ocorridos no plano frontal: adução e abdução, onde a adução corresponde aos valores positivos e a abdução se refere aos valores negativos (SINCLAIR; TAYLOR; BOTTOMS, 2013).

As variáveis de interesse do estudo foram flexão, rotação medial e adução do quadril, flexão, abdução e rotação lateral do joelho. Foram computadas as análises angulares desses movimentos em relação ao ângulo alvo de flexão do joelho (30°) e, em relação à excursão máxima de cada movimento. A análise foi realizada por meio da subtração do valor angular inicial, o qual foi verificado pela coleta estática.

#### 4.6.5 Volume estimado da coxa

Para a avaliação do volume estimado da coxa (Figura 7) foram utilizados a fórmula de volume de tronco de cone (Equação 1).

##### *Equação 1*

$$V = \frac{\pi \cdot h}{3} [R^2 + Rr + r^2]$$

Sendo:

h = Altura

$\pi = 3,141593$

R=Raio maior

r= Raio menor

Inicialmente o voluntário foi posicionado em decúbito dorsal, sendo instruído a permanecer com a musculatura do membro inferior relaxada, posteriormente era realizado a medida de perímetria de seis centímetros acima da base da patela (valor de perímetro do raio menor) e de 30cm acima da base da patela (valor de perímetro do raio maior). Os valores de raio maior e raio menor foram estimados a partir da equação 2.

##### *Equação 2*

$$R = \frac{\text{Perímetro}}{2\pi}$$

Sendo:

R = Raio

Perímetro = Valor de perímetria obtido

Para o cálculo do volume estimado da coxa foi considerado um valor de altura de 24cm.

Figura 7- Modelo do volume estimado da coxa



Fonte: Arquivo próprio.

## 4.7 INTERVENÇÕES

A seguir serão descritas as intervenções utilizadas no estudo

### 4.7.1 Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM)

Para EENM foi utilizado o aparelho *NEURODIN High Volt* da marca Ibramed (Figura 8). O procedimento foi realizado individualmente, sob supervisão de um pesquisador treinado. Os seguintes parâmetros foram utilizados: frequência de 50 Hz, tempo de subida: 4 segundos, tempo de descida: 4, *ton*: 5 *toff*: 15, a intensidade de corrente, em miliampere (mA), foi ajustada inicialmente pela tolerância máxima do indivíduo que produzisse uma contração visível, sendo aumentada de acordo com a acomodação da corrente, o tempo total de aplicação foi de 20 minutos. Todos os voluntários realizaram três aplicações semanais com intervalo de um dia entre elas, durante duas semanas consecutivas, totalizando seis procedimentos. Os voluntários foram posicionados sentados, com noventa graus de flexão de quadris e joelhos. Os eletrodos foram dispostos sobre o músculo quadríceps femoral sendo posicionados proximal e

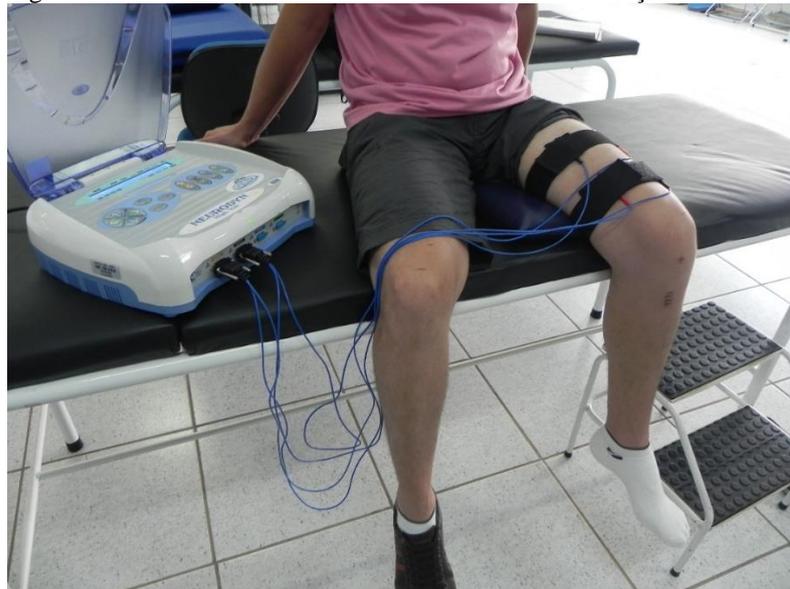
distalmente ao músculo conforme localização prévia dos pontos motores dos músculos vasto medial e lateral.

Figura 8- Aparelho de EENM utilizado no presente estudo.



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 9- Posicionamento do voluntário durante a intervenção da EENM.



Fonte: Arquivo próprio

#### 4.7.2 Suplementação com *Whey Protein*

Foi dissolvido 20 g de *Whey Protein* concentrado da marca HILMAR Ingredients® em 250 mililitros (ml) de água. Os voluntários ingeriam a *Whey Protein* após a intervenção com a estimulação elétrica neuromuscular (AKHAVAN, et al., MORTON; MCGLORY; PHILLIPIS, 2015).

#### 4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística dos dados foi utilizado o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) (IBM Corp., Chicago, EUA), versão 20.0.

Posteriormente foi realizado o cálculo do tamanho amostral utilizando a variável CIVMn do músculo vasto medial sendo estimado um tamanho da amostra de 30 voluntários no total para um poder de 84%, ou seja, 10 voluntários por grupo.

Inicialmente os dados foram analisados por meio de métodos estatísticos descritivos, sendo obtidos valores de média e desvio-padrão. Em seguida, todos os conjuntos de dados foram testados quanto a sua distribuição (normalidade), por meio dos testes de *Shapiro-Wilk*.

Em seguida, as variáveis idades, massa, estatura, IMC e tempo de lesão foram analisadas por meio do teste de Análise de Variância (ANOVA) *One Way*. Para a variável categórica, tipo de enxerto, foi submetido ao teste de Qui-Quadrado. Os demais dados do estudo foram submetidos a um procedimento de modelo linear geral por meio do teste de ANOVA de medidas repetidas, seguido do teste Bonferroni, para verificar a interação entre os grupos (CB, WE e EE) com avaliações pré e pós-operatória. Foi considerado para todas as análises um nível de significância de 5%.

Para calcular o tamanho de efeito ( $f^2$  de Cohen) e o *Power* na ANOVA foi utilizado o aplicativo GPowerNT, versão 3.1.7.

Em relação ao  $f^2$  de Cohen foi considerado os valores de 0,02 a 0,15 (efeito pequeno), 0,15 a 0,35 (efeito mediano) e acima de 0,35 (efeito grande) (COHEN, 1988).

## 5. RESULTADOS

Os dados relacionados à idade, características antropométricas, tempo de lesão e tipo de enxerto utilizado nas cirurgias estão apresentados na Tabela 1. Os resultados demonstram a possibilidade de comparação dos grupos devido a semelhança.

Tabela 1- Apresentação dos valores médios  $\pm$  desvio padrão de idade, massa corporal, estatura, IMC, tempo de lesão, e tipo de enxerto utilizado nos diferentes grupos do estudo.

Variável	CB (n=7)	WE (n=7)	EE (n=6)	Valor p
Idade (anos)	27,71 $\pm$ 6,37	33,29 $\pm$ 7,63	32,83 $\pm$ 9,89	0,708
Massa corporal (kg)	75,51 $\pm$ 4,96	86,36 $\pm$ 6,82	77,75 $\pm$ 11,45	0,051
Estatura (m)	1,73 $\pm$ 0,05	1,79 $\pm$ 0,07	1,76 $\pm$ 0,05	0,177
Índice de massa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	25,32 $\pm$ 2,12	26,91 $\pm$ 1,50	25,29 $\pm$ 4,05	0,278
Tempo médio de lesão (meses)	10,71 $\pm$ 8,69	6,57 $\pm$ 6,43	15,00 $\pm$ 17,65	0,439
Tipo de Cirurgia	TF(%)	71,40%	85,70%	0,068
	TP(%)	28,60%	14,30%	

Nota: Foi utilizado o teste de Anova para as variáveis quantitativas. Foi utilizado o teste de *Qui-quadrado* para as variáveis categóricas. CB= grupo controle basal. WE= grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps femoral. EE= grupo que recebeu a intervenção com EENM do quadríceps femoral. TF= Enxerto com tendão flexor. TP= Enxerto com tendão patelar.

Fonte: do autor.

### 5.1 ELETROMIOGRAFIA

Os dados da avaliação eletromiográfica obtidas na contração isométrica voluntária máxima normalizada (CIVMn) no membro inferior do joelho lesionado são apresentados na Tabela 2. De acordo com os resultados obtidos, foi observada que houve uma diminuição da atividade eletromiográfica do músculo (m.) glúteo médio na avaliação pós-operatória nos grupos CB e EE. Em relação aos músculos (mm.), bíceps femoral, semitendíneo e gastrocnêmio cabeça medial foi verificado uma diminuição da atividade eletromiográfica na avaliação pós-operatória em todos os grupos do estudo.

Tabela 2- Análise eletromiográfica normalizada da contração isométrica voluntária máxima (CIVMn) dos músculos do membro inferior do joelho lesionado nos diferentes grupos do estudo nos momentos pré e pós-operatório.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
GMAX	CB	12,87±5,45	10,94±3,95	0,263	0,937	0,888	0,263	0,104
	WE	12,59±2,31	11,75±3,85					
	EE	12,54±4,65	10,45±4,65					
GMED	CB	10,12±1,44*	6,43±2,99	0,010	0,034	0,082	0,783	0,332
	WE	10,99±2,21	11,27±2,64#					
	EE	10,42±3,16*	7,43±2,55					
VM	CB	10,15±1,44	5,35±4,20	0,190	0,626	0,282	0,252	0,099
	WE	9,21±2,12	9,13±6,16					
	EE	8,12±0,63	6,93±4,18					
VL	CB	10,19±2,03	6,81±4,98	0,026	0,951	0,937	0,630	0,258
	WE	9,67±2,70	6,83±4,08					
	EE	9,32±0,77	6,83±4,18					
RF	CB	9,03±1,40	5,26±3,99	0,009	0,779	0,469	0,795	0,339
	WE	8,20±3,64	7,05±4,13					
	EE	10,01±2,15	6,36±3,72					
BF	CB	13,79±6,16*	3,91±2,02	<0,001	0,609	0,589	1,000	0,837
	WE	12,23±1,71*	4,23±1,64					
	EE	11,52±1,25*	3,77±0,80					
ST	CB	11,42±1,37*	3,80±2,38	<0,001	0,038	0,202	1,000	0,876
	WE	11,46±1,64*	5,97±1,91					
	EE	9,49±1,42*	4,31±1,40					
G	CB	9,80±0,72*	3,97±1,97	<0,001	0,460	0,899	1,000	0,888
	WE	9,33±1,45*	3,84±1,52					
	EE	9,21±0,94*	3,16±1,84					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). # indica diferença significativa em relação ao grupo CB pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= controle basal, WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps, EE= Grupo EENM do quadríceps. GMAX= músculo glúteo máximo, GMED= músculo glúteo médio, VM= músculo vasto medial, VL= músculo vasto lateral, BF= bíceps femoral, ST= músculo semitendíneo, G= músculo gastrocnêmio cabeça medial, RF= músculo reto femoral.

Fonte: do autor.

Os dados da avaliação eletromiográfica obtidas na CIVM normalizada (CIVMn) no membro inferior do joelho saudável são apresentados na Tabela 3. Foi verificado uma diminuição da atividade eletromiográfica do m. glúteo máximo durante a avaliação pós-operatória do grupo WE.

Tabela 3- Análise eletromiográfica normalizada da contração isométrica voluntária máxima (CIVMn) dos músculos do membro inferior do joelho saudável nos diferentes grupos do estudo nos momentos pré e pós-operatório.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
GMAX	CB	12,11±1,52	10,67±4,29	0,014	0,086	0,366	0,729	0,304
	WE	12,42±3,07*	8,26±2,25					
	EE	13,91±3,02	12,89±3,74					
GMED	CB	13,46±7,71	9,07±1,72	0,171	0,371	0,254	0,271	0,107
	WE	12,23±1,53	12,36±4,09					
	EE	10,14±2,60	9,42±2,63					
VM	CB	8,02±3,37	9,24±1,42	0,496	0,921	0,867	0,101	0,028
	WE	8,95±2,14	8,93±4,42					
	EE	8,23±1,18	9,08±1,82					
VL	CB	9,01±3,56	9,44±1,55	0,498	0,949	0,154	0,100	0,027
	WE	10,27±1,69	8,20±3,12					
	EE	7,39±2,65	11,64±5,87					
RF	CB	8,18±1,88	9,91±1,65	0,138	0,333	0,093	0,345	0,138
	WE	9,96±2,17	9,84±2,31					
	EE	7,11±3,72	9,55±3,49					
BF	CB	12,65±0,79	9,86±3,09	0,375	0,771	0,109	0,138	0,046
	WE	11,02±2,65	10,36±2,67					
	EE	9,71±3,42	11,11±3,13					
ST	CB	10,38±2,37	10,08±2,83	0,950	0,114	0,635	0,050	0,001
	WE	10,79±2,19	9,77±2,57					
	EE	7,65±3,27	8,79±3,35					
G	CB	9,48±1,51	8,29±2,35	0,016	0,470	0,865	0,712	0,296
	WE	10,14±1,36	8,87±2,62					
	EE	9,19±1,02	7,33±3,23					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= controle basal, WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps, EE= Grupo EENM do quadríceps. GMAX= músculo glúteo máximo, GMED= músculo glúteo médio, VM= músculo vasto medial, VL= músculo vasto lateral, BF= bíceps femoral, ST= músculo semitendíneo, G= músculo gastrocnêmio cabeça medial, RF= músculo reto femoral.

Fonte: do autor.

Os dados normalizados referentes à avaliação eletromiográfica dos músculos do membro inferior lesionado e avaliado durante o miniagachamento, com os olhos abertos na avaliação pré e pós-operatória estão apresentados na Tabela 4. De acordo com o resultados obtidos é possível verificar que durante a avaliação pré-operatória o m. glúteo máximo do grupos CB era menos ativo comparado aos grupos WE e EE, entretanto, tal fato não se manteve na avaliação pós-operatória. O m. vasto medial do grupo CB apresentou diminuição da atividade eletromiográfica na avaliação pós-operatória.

Tabela 4- Análise eletromiográfica normalizada dos músculos do membro inferior do joelho lesionado durante o miniagachamento com apoio bipodal, com os olhos abertos, nos diferentes grupos do estudo nos momentos pré e pós-operatório.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
GMAX	CB	11,13±6,24	15,40±12,08	0,098	0,009	0,357	0,379	0,153
	WE	32,48±9,81#	32,17±12,55					
	EE	27,61±13,24#	30,75±11,89					
GMED	CB	21,41±13,09	21,07±12,93	0,850	0,260	0,562	0,054	0,002
	WE	33,75±18,20	34,52±17,77					
	EE	27,47±9,61	26,70±9,59					
VM	CB	47,79±28,74*	11,84±7,72	0,007	0,328	0,451	0,830	0,360
	WE	44,69±24,84	32,73±21,88					
	EE	58,60±37,36	34,22±28,98					
VL	CB	54,88±47,18	16,46±10,50	0,009	0,420	0,276	0,795	0,339
	WE	38,95±21,64	31,68±20,59					
	EE	61,83±25,70	38,03±28,26					
RF	CB	56,89±29,87	37,33±28,40	0,101	0,164	0,333	0,373	0,150
	WE	61,24±51,91	61,62±48,25					
	EE	29,22±15,09	19,96±12,54					
BF	CB	12,61±9,09	10,34±4,31	0,750	0,079	0,699	0,061	0,006
	WE	21,63±11,14	21,90±11,09					
	EE	14,59±4,50	15,14±6,90					
ST	CB	9,10±5,93	9,77±9,10	0,826	0,079	0,832	0,055	0,003
	WE	12,37±6,26	11,25±4,23					
	EE	11,95±4,50	13,67±6,98					
G	CB	11,55±5,28	9,99±6,56	0,179	0,502	0,799	0,263	0,104
	WE	14,69±9,18	13,63±10,02					
	EE	16,73±4,79	13,42±10,87					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). # indica diferença significativa em relação ao grupo CB pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= controle basal, WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps, EE= Grupo EENM do quadríceps. GMAX= músculo glúteo máximo, GMED= músculo glúteo médio, VM= músculo vasto medial, VL= músculo vasto lateral, BF= bíceps femoral, ST= músculo semitendíneo, G= músculo gastrocnêmio cabeça medial, RF= músculo reto femoral.

Fonte: do autor.

Os dados normalizados referentes à avaliação eletromiográfica dos músculos do membro inferior saudável durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos estão apresentados na Tabela 5, é possível observar que o m. bíceps femoral dos voluntários do grupo EE era mais ativo comparado ao grupo CB na avaliação pré-operatória, mas essa diferença não permaneceu no momentos pós-operatório.

Tabela 5- Análise eletromiográfica normalizada dos músculos dos membros do membro inferior saudável dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, na avaliação pré-operatória e pós-operatória.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
GMAX	CB	19,90±13,17	21,16±11,12	0,490	0,076	0,112	0,102	0,028
	WE	33,29±12,53	42,44±16,21					
	EE	58,58±49,50	35,47±24,53					
GMED	CB	17,67±8,52	25,58±15,94	0,031	0,339	0,223	0,602	0,246
	WE	32,35±19,55	32,84±19,81					
	EE	21,32±10,85	25,08±9,83					
VM	CB	39,84±26,83	40,10±24,77	0,106	0,758	0,460	0,364	0,147
	WE	46,38±23,13	55,89±42,07					
	EE	37,26±28,23	53,27±31,13					
VL	CB	41,42±27,68	36,47±20,06	0,138	0,760	0,150	0,313	0,125
	WE	42,59±18,43	50,13±22,56					
	EE	29,23±18,43	51,61±27,62					
RF	CB	59,12±44,21	73,95±67,03	0,068	0,129	0,893	0,454	0,206
	WE	22,63±14,38	40,58±27,19					
	EE	25,41±15,12	34,28±20,47					
BF	CB	9,30±3,83	8,14±2,26	0,310	0,042	0,344	0,167	0,061
	WE	15,13±5,84	16,17±6,20					
	EE	21,69±13,61#	16,81±11,07					
ST	CB	14,11±8,59	9,77±10,15	0,551	0,156	0,537	0,089	0,021
	WE	20,35±7,09	14,09±3,81					
	EE	19,48±8,25	23,26±24,33					
G	CB	16,20±9,41	15,85±12,13	0,132	0,093	0,206	0,321	0,128
	WE	15,11±7,59	17,53±14,65					
	EE	22,60±10,59	40,62±33,59					

Nota: foi utilizado o teste Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. # indica diferença significativa em relação ao grupo CB pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= controle basal, WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps, EE= Grupo EENM do quadríceps. GMAX= músculo glúteo máximo, GMED= músculo glúteo médio, VM= músculo vasto medial, VL= músculo vasto lateral, BF= bíceps femoral, ST= músculo semitendíneo, G= músculo gastrocnêmio cabeça medial, RF= músculo reto femoral.

Fonte: do autor.

Os dados normalizados referentes à avaliação eletromiográfica dos músculos do membro inferior lesionado e avaliado durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados estão apresentados na Tabela 6. É possível verificar que os achados obtidos durante o miniagachamento com olhos abertos se mantiveram, verificando que durante a avaliação pré-operatória o m. glúteo máximo do grupos CB era menos ativo comparado aos grupos WE e EE, entretanto, tal fato não se manteve na avaliação pós-operatória. O m. vasto medial do grupo CB apresentou diminuição da atividade eletromiográfica na avaliação pós-operatória.

Tabela 6- Análise eletromiográfica normalizada dos músculos do membro inferior lesionado dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, na avaliação pré e pós-operatória.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
GMAX	CB	10,95±6,15	15,40±12,00	0,177	0,013	0,364	0,265	0,104
	WE	32,55±9,92#	32,17±12,55					
	EE	27,36±12,63#	29,15±14,91					
GMED	CB	21,79±14,37	21,07±12,93	0,782	0,280	0,595	0,058	0,005
	WE	33,75±18,26	34,52±17,77					
	EE	27,20±9,83	26,59±9,84					
VM	CB	45,65±25,94*	11,84±7,72	0,008	0,235	0,451	0,803	0,344
	WE	43,36±23,72	32,73±21,88					
	EE	58,26±35,83	35,23±27,78					
VL	CB	45,71±47,80	16,76±10,51	0,030	0,339	0,577	0,605	0,247
	WE	39,70±28,06	31,68±20,59					
	EE	61,00±26,41	38,05±28,23					
RF	CB	57,43±37,50	32,25±31,26	0,040	0,866	0,367	0,558	0,253
	WE	40,34±31,31	38,81±19,76					
	EE	51,10±31,37	23,29±17,83					
BF	CB	11,77±7,03	10,34±4,31	0,519	0,281	0,942	0,095	0,025
	WE	22,17±11,36	21,90±11,09					
	EE	16,09±8,62	14,81±7,44					
ST	CB	9,27±5,65	9,77±9,10	0,324	0,735	0,450	0,160	0,057
	WE	12,10±6,19	11,25±4,23					
	EE	12,62±3,63	8,83±4,58					
G	CB	12,99±7,33	10,01±6,58	0,083	0,714	0,814	0,411	0,166
	WE	14,82±9,30	13,63±10,02					
	EE	16,06±3,63	13,42±7,87					

Nota: Foi utilizado o teste Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). # indica diferença significativa em relação ao grupo CB pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo controle basal, WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. GMAX= músculo glúteo máximo, GMED= músculo glúteo médio, VM= músculo vasto medial, VL= músculo vasto lateral, BC= músculo bíceps femoral, ST= músculo semitendíneo, G= músculo gastrocnêmio cabeça medial, RF= músculo reto femoral.

Fonte: do autor.

Os dados normalizados referentes à avaliação eletromiográfica dos músculos do membro inferior saudável durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, na avaliação pré e pós-operatória dos grupos da pesquisa estão apresentados na Tabela 7. É possível observar que o m. glúteo médio aumentou significativamente a atividade eletromiográfica no grupo EE na avaliação pós-operatória. Foi verificado que o músculo bíceps femoral dos voluntários do grupo EE era diferentes dos voluntários do grupo CB durante a avaliação pré-operatória, mas essa diferença não se manteve na avaliação pós-operatória.

Tabela 7- Análise eletromiográfica normalizada dos músculos do membro inferior saudável dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, na avaliação pré operatória e pós-operatória.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
GMAX	CB	21,85±13,38	29,28±16,18	0,792	0,164	0,142	0,057	0,792
	WE	31,66±10,19	35,75±14,77					
	EE	50,80±36,12	35,53±23,59					
GMED	CB	17,87±8,45	20,41±16,18	0,020	0,256	0,651	0,676	0,279
	WE	31,25±19,05	35,75±14,77					
	EE	20,90±10,94*	35,53±23,59					
VM	CB	39,56±27,42	43,84±23,95	0,074	0,856	0,344	0,434	0,175
	WE	48,27±30,21	51,71±35,44					
	EE	35,06±31,08	54,57±30,49					
VL	CB	47,59±33,85	35,68±18,11	0,352	0,727	0,085	0,148	0,051
	WE	48,11±25,58	52,03±25,62					
	EE	27,97±19,27	54,65±35,03					
RF	CB	34,90±12,25	60,56±58,80	0,096	0,768	0,712	0,383	0,163
	WE	36,61±34,23	42,46±31,11					
	EE	28,81±15,51	46,97±35,95					
BF	CB	9,12±3,30	8,30±2,90	0,849	0,041	0,809	0,054	0,002
	WE	15,17±5,71	17,32±7,91					
	EE	19,64±10,73#	19,47±15,46					
ST	CB	11,26±7,99	9,49±9,31	0,318	0,774	0,477	0,163	0,059
	WE	10,55±4,79	15,01±8,04					
	EE	9,69±4,13	14,76±14,09					
G	CB	16,09±8,78	17,81±14,82	0,129	0,266	0,469	0,326	0,130
	WE	15,73±8,81	18,92±15,55					
	EE	22,15±7,52	34,22±29,06					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= controle basal, WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps, EE= Grupo EENM do quadríceps. GMAX= músculo glúteo máximo, GMED= músculo glúteo médio, VM= músculo vasto medial, VL= músculo vasto lateral, BF= bíceps femoral, ST= músculo semitendíneo, G= músculo gastrocnêmio cabeça medial, RF= músculo reto femoral.

Fonte: do autor.

## 5.2 BAROPODOMETRIA

A seguir serão apresentados os resultados referentes aos dados de distribuição de massa e estabilometria.

### 5.2.1 Distribuição de massa

Os dados referentes à distribuição de massa do membro lesionado e saudável durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos estão apresentados Tabela 8. De acordo com os resultados obtidos houve diminuição da distribuição de massa no membro lesionado e aumento da distribuição de massa sobre o membro saudável do grupo CB na avaliação pós-operatória. Foi observado maior distribuição de massa na região anterior do grupo WE em relação ao CB no momento pré e pós-operatório e uma maior distribuição de massa na região posterior do grupo CB em relação ao grupo WE nos momentos pré e pós-operatório. Sendo assim, podemos considerar que em relação às variáveis anterior e posterior, os grupos CB e WE eram diferentes em ambas as avaliações.

Tabela 8- Distribuição de massa dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, do membro lesionado e saudável, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, na avaliação pré e pós-operatória.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
ML	CB	54,57±6,90*	36,83±11,62	<0,001	0,220	0,346	0,998	0,617
	WE	44,88±5,20	36,25±7,41					
	EE	46,43±6,22	33,30±11,48					
MS	CB	45,53±6,90*	63,17±11,62	<0,001	0,219	0,132	0,611	0,998
	WE	55,72±5,20	63,75±7,41					
	EE	53,57±6,22	66,70±11,48					
ANT	CB	46,96±8,91	44,09±12,64	0,544	0,002	0,843	0,022	0,090
	WE	61,08±4,81#	60,00±4,94#					
	EE	51,04±8,21	51,14±5,44					
POST	CB	53,34±8,91	55,91±12,64	0,573	0,002	0,872	0,084	0,329
	WE	38,92±4,81#	40,00±4,94#					
	EE	48,96±8,21	48,86±5,44					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). # indica diferença significativa em relação ao grupo CB pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal, WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps, EE= Grupo EENM do quadríceps. ML= % de massa no membro lesionado. MS= % de massa no membro sadio. ANT= % de massa na região anterior. POST= % de massa na região posterior.

Fonte: do autor.

Os dados referentes à distribuição de massa do membro lesionado e saudável durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados estão apresentados Tabela 9. É possível verificar que durante a avaliação pós-operatória o grupo CB apresentou diminuição da distribuição de massa sobre o membro lesionado e aumento da distribuição de massa sobre o membro saudável. O grupo WE apresentou diminuição da distribuição de massa sobre o membro lesionado e o grupo EE apresentou aumento da distribuição de massa sobre o membro saudável no momento pós-operatório. Foi verificado maior distribuição de massa na região anterior e menor na região posterior do grupo WE comparado ao grupo CB no momento pós-operatório.

Tabela 9- Distribuição de massa dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, do membro inferior lesionado e saudável, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, na avaliação pré e pós-operatória.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
ML	CB	53,62±7,00*	37,20±11,54	<0,001	0,335	0,554	0,997	0,594
	WE	47,57±8,32	37,58±7,20					
	EE	45,43±7,12	33,90±10,66					
MS	CB	46,38±7,00*	62,80±11,54	<0,001	0,865	0,269	1,000	0,721
	WE	52,43±8,32	62,42±7,20					
	EE	54,57±7,12	66,10±10,66					
ANT	CB	50,25±9,82	45,48±11,42	0,378	0,018	0,709	0,137	0,046
	WE	60,42±6,46	59,71±6,70#					
	EE	53,24±9,46	52,47±7,85					
POST	CB	49,75±9,82	54,52±11,42	0,247	0,011	0,754	0,205	0,078
	WE	39,58±6,46	40,29±6,70#					
	EE	46,76±9,46	47,53±7,85					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). # Indica diferença significativa em relação ao grupo CB pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal, WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps, EE= Grupo EENM do quadríceps. ML= % de massa no membro lesionado. MS= % de massa no membro saudável. ANT= % de massa na região anterior. POST= % de massa na região posterior.

Fonte: do autor.

## 5.2.2 Estabilometria

Os dados referentes à avaliação estabilométrica do COP corporal durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos e fechados estão apresentados Tabela 10. Em

relação ao desvio látero-lateral com os olhos abertos, foi verificado que houve um aumento da oscilação na avaliação pós-operatória do grupo EE. Os grupos WE e EE apresentaram um aumento significativo da área de deslocamento do COP durante a análise com os olhos abertos na avaliação pós-operatória.

Tabela 10- Avaliação estabilométrica do centro de pressão corporal (COP) durante miniagachamento bipodal com os olhos abertos e olhos fechados, na avaliação pré e pós-operatória.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
AP- OA	CB	5,04±2,29	5,52±1,87	0,825	0,081	0,697	0,055	0,003
	WE	8,12±2,34	8,07±2,83					
	EE	8,11±3,56	7,20±3,33					
AP- OF	CB	6,45±2,02	6,08±1,88	0,148	0,266	0,768	0,299	0,119
	WE	8,21±2,88	7,46±1,82					
	EE	8,53±2,12	7,17±3,05					
LL- OA	CB	2,87±0,74	3,83±1,50	0,003	0,156	0,102	0,914	0,423
	WE	4,39±1,39	4,61±1,71					
	EE	3,29±0,63*	5,39±1,47					
LL- OF	CB	3,57±0,84	4,83±1,65	0,056	0,489	0,650	0,490	0,198
	WE	4,56±1,37	4,93±1,81					
	EE	4,53±1,27	5,31±1,34					
COP- OA	CB	5,11±3,43	17,96±12,15	<0,001	0,316	0,170	1,000	0,687
	WE	3,93±2,23*	29,40±13,89					
	EE	2,42±1,10*	33,09±21,38					
COP-OF	CB	18,22±7,89	23,47±13,80	0,422	0,263	0,417	0,122	0,038
	WE	30,53±13,08	26,57±9,84					
	EE	23,80±12,10	31,90±17,46					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). # indica diferença significativa em relação ao grupo CB pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal. WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. AP-OA= deslocamento antero-posterior do centro de pressão corporal com os olhos abertos. AP-OF= deslocamento antero-posterior do centro de pressão corporal com os olhos fechados. LL-OA= deslocamento látero-lateral do centro de pressão corporal com os olhos abertos. LL-OF= deslocamento látero-lateral do centro de pressão corporal com os olhos fechados. COP- OA= área de deslocamento do COP com os olhos abertos. COP- OF= área de deslocamento do COP com os olhos fechados.

Fonte: do autor.

### 5.3 CINEMÁTICA

Os dados referentes à avaliação cinemática do quadril durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação ao ângulo alvo de joelho estão apresentados Tabela 11, é possível observar que não houve diferenças significativas.

Tabela 11- Análise da cinemática do quadril dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
FLQL	CB	16,99±4,42	12,20±6,02	0,444	0,404	0,666	0,115	0,035
	WE	14,39±7,90	11,30±8,41					
	EE	15,99±5,82	16,26±4,81					
FLQS	CB	17,51±4,87	19,41±4,62	0,196	0,379	0,731	0,246	0,996
	WE	15,20±7,79	15,69±6,49					
	EE	17,81±6,59	21,04±5,90					
ADQL	CB	-1,83±2,55	0,64±2,91	0,065	0,460	0,287	0,461	0,187
	WE	-2,67±2,64	-0,20±2,36					
	EE	0,03±1,74	-0,09±2,56					
ADQS	CB	-1,45±1,57	1,10±1,21	0,182	0,055	0,124	0,259	0,102
	WE	-1,74±1,95	-1,98±2,54					
	EE	-1,79±1,66	-1,67±1,88					
RMQL	CB	0,13±3,67	-0,77±2,73	0,490	0,209	0,541	0,102	0,028
	WE	-3,83±4,04	-2,72±5,39					
	EE	-4,51±6,12	-2,33±2,86					
RMQS	CB	2,08±7,74	0,04±3,42	0,490	0,020	0,677	0,102	0,028
	WE	-4,24±3,33	-3,48±3,49					
	EE	-2,42±4,05	-4,17±2,71					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal. WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. FLQL= flexão quadril do membro inferior lesionado, ADQL= adução do quadril do membro inferior lesionado, RMQL= rotação medial do quadril do membro inferior lesionado. FLQS= flexão do quadril do membro inferior saudável, ADQS= adução do quadril do membro inferior saudável, RMQS= rotação medial do quadril do membro inferior saudável.

Fonte: do autor.

Os dados referente à avaliação cinemática do joelho durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação ao ângulo alvo de joelho estão apresentados Tabela 12. É possível verificar que houve diminuição significativa da flexão do membro lesionado do grupo EE na avaliação pós-operatória.

Tabela 12- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória.

(continua)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
FLJL	CB	26,39±3,59	19,41±5,58	0,001	0,798	0,771	0,977	0,509
	WE	26,83±8,45	21,44±9,83					
	EE	29,06±4,68*	20,73±3,37					

Tabela 13- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória.

(continuação)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
FLJS	CB	26,64±4,24	27,81±3,65	0,504	0,220	0,629	0,099	0,027
	WE	28,09±4,28	29,90±4,10					
	EE	31,15±2,94	30,40±5,93					
ABJL	CB	-0,70±2,56	1,33±2,08	0,016	0,178	0,556	0,713	0,296
	WE	-1,83±3,75	0,65±2,64					
	EE	-0,81±1,91	4,28±6,15					
ABJS	CB	-0,54±2,09	-1,07±1,84	0,335	0,209	0,476	0,155	0,055
	WE	-2,95±3,53	-1,94±2,62					
	EE	-2,94±2,03	-1,04±2,22					
RLJL	CB	-0,32±0,72	-0,01±1,36	0,121	0,191	0,553	0,338	0,136
	WE	-2,24±2,23	-0,72±1,49					
	EE	-1,87±3,32	-1,33±1,25					
RLJS	CB	-0,18±1,00	-0,19±0,92	0,144	0,118	0,527	0,304	0,121
	WE	-1,15±1,26	-2,16±2,12					
	EE	-0,65±1,91	-1,35±1,45					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal. WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. FLJL= flexão do joelho lesionado, ABJL= abdução do joelho lesionado, RLJL= rotação lateral do joelho. FLJS= flexão do joelho saudável, ABJS= abdução do joelho saudável, RLJS=rotação lateral do joelho saudável.

Fonte: do autor.

Os dados referentes à avaliação cinemática do quadril durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação ao ângulo alvo de joelho estão apresentados Tabela 13, sendo possível verificar que não houve diferença significativa.

Tabela 14- Análise da cinemática do quadril dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória.

(continua)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
FLQL	CB	17,20±3,85	21,03±16,80	0,797	0,352	0,699	0,057	0,004
	WE	14,22±8,18	12,52±9,64					
	EE	15,51±5,71	15,56±6,10					
FLQS	CB	17,91±4,03	17,86±5,18	0,100	0,289	0,464	0,375	0,151
	WE	15,07±8,33	16,36±8,03					
	EE	16,96±6,90	21,59±6,29					
ADQL	CB	-2,07±2,06	-0,88±2,52	0,203	0,574	0,415	0,240	0,094
	WE	-1,23±2,81	0,12±2,24					
	EE	-0,21±2,15	-0,56±2,17					

Tabela 15- Análise da cinemática do quadril dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória.

(continuação)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
ADQS	CB	-1,27±1,74	-0,91±1,17	0,274	0,143	0,568	0,188	0,070
	WE	-4,08±4,90	-1,96±2,16					
	EE	1,38±1,01	-1,12±2,38					
RMQL	CB	-0,49±4,21	-1,96±3,61	0,522	0,705	0,396	0,095	0,025
	WE	-3,54±5,59	-2,19±6,59					
	EE	-4,11±5,44	-1,69±3,09					
RMQS	CB	1,33±4,78	-1,11±2,65	0,316	0,085	0,651	0,164	0,059
	WE	-3,57±3,31	-3,65±3,50					
	EE	1,94±3,81	-2,74±4,50					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal. WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. FLQL= flexão quadril do membro inferior lesionado, ADQL= adução do quadril do membro inferior lesionado, RMQL= rotação medial do quadril do membro inferior lesionado. FLQS= flexão do quadril do membro inferior saudável, ADQS= adução do quadril do membro inferior saudável, RMQS= rotação medial do quadril do membro inferior saudável.

Fonte: do autor.

Os dados referentes à avaliação cinemática do joelho durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação ao ângulo alvo de joelho estão apresentados Tabela 14. É possível observar que houve uma diminuição significativa da flexão do joelho do membro operado dos grupos CB e EE no momento pós-operatório. O grupo EE também apresentou um aumento significativo da abdução do joelho do membro operado.

Tabela 16- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória.

(continua)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
FLJL	CB	27,26±2,41*	19,46±5,67	<0,001	0,909	0,637	0,995	0,577
	WE	26,77±8,40	21,47±9,84					
	EE	29,09±4,68*	20,32±4,31					
FLJS	CB	27,63±2,74	27,00±4,49	0,576	0,135	0,505	0,084	0,019
	WE	28,11±4,23	30,03±4,07					
	EE	31,14±3,08	31,40±4,44					
ABJL	CB	-0,22±1,77	1,51±2,01	0,045	0,900	0,209	0,533	0,228
	WE	0,83±2,72	0,61±2,71					
	EE	-0,83±2,47*	1,37±1,90					

Tabela 17- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação ao ângulo alvo do joelho, na avaliação pré e pós-operatória.

(continuação)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
ABJS	CB	-0,68±1,57	-1,27±1,84	0,288	0,652	0,862	0,179	0,066
	WE	-0,85±2,01	-2,21±2,57					
	EE	-0,68±2,55	-1,14±2,05					
RLJL	CB	-0,62±0,80	0,16±1,43	0,321	0,272	0,357	0,161	0,058
	WE	-1,80±2,14	-0,90±1,13					
	EE	-0,97±2,52	-,142±1,06					
RLJS	CB	-0,36±1,37	-0,53±1,39	0,692	0,265	0,315	0,067	0,009
	WE	-1,55±1,65	-2,88±3,11					
	EE	-2,31±4,20	-1,47±1,55					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ).  $f^2$  = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal. WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. FLJL= flexão do joelho lesionado, ABJL= abdução do joelho lesionado, RLJL= rotação lateral do joelho. FLJS= flexão do joelho saudável, ABJS= abdução do joelho saudável, RLJS=rotação lateral do joelho saudável.

Fonte: do autor.

Os dados referentes à avaliação cinemática do quadril durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação à excursão máxima em cada movimento, estão apresentados Tabela 15. O grupo WE apresentou uma diminuição significativa da flexão do quadril do membro operado no momento pós-operatório. O grupo CB apresentou uma abdução do quadril do membro saudável no momento pós-operatório, o que resultou em diferença significativa quando comparado aos voluntários do grupo WE.

Tabela 18- Análise da cinemática do quadril dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória.

(continua)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
FLQL	CB	37,23±12,04	28,51±13,31	0,027	0,570	0,395	0,626	0,027
	WE	35,35±20,95*	26,04±14,72					
	EE	39,16±14,09	38,14±10,75					
FLQS	CB	36,40±12,38	33,22±13,91	0,318	0,543	0,493	0,136	0,163
	WE	37,14±21,89	30,88±14,68					
	EE	41,66±14,12	42,37±12,01					
ADQL	CB	1,15±1,07	1,56±1,16	0,150	0,192	0,214	0,296	0,118
	WE	2,32±2,54	4,77±4,78					
	EE	2,48±1,59	2,31±1,77					

Tabela 19- Análise da cinemática do quadril dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. (continuação)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
ADQS	CB	0,92±0,53	-1,06±1,55	0,382	0,037	0,131	0,136	0,045
	WE	2,22±2,47	2,05±2,38#					
	EE	1,19±0,87	1,92±2,55					
RMQL	CB	3,83±5,99	0,87±2,21	0,764	0,681	0,284	0,060	0,005
	WE	0,68±3,29	1,70±4,38					
	EE	0,38±4,56	1,27±3,37					
RMQS	CB	1,46±2,93	-1,66±3,24	0,380	0,834	0,172	0,136	0,046
	WE	-0,52±4,88	1,35±4,40					
	EE	1,67±3,69	-0,03±1,74					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). # indica diferença significativa em relação ao grupo CB pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal. WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. FLQL= flexão quadril do membro inferior lesionado, ADQL= adução do quadril do membro inferior lesionado, RMQL= rotação medial do quadril do membro inferior lesionado. FLQS= flexão do quadril do membro inferior saudável, ADQS= adução do quadril do membro inferior saudável, RMQS= rotação medial do quadril do membro inferior saudável.

Fonte: do autor.

Os dados referentes à avaliação cinemática do joelho durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação à excursão máxima em cada movimento analisado, estão apresentados na Tabela 16. É possível observar que todos os grupos do estudo diminuíram significativamente a flexão do joelho do membro operado durante a avaliação pós-operatória. O grupo WE era diferente do grupo CB em relação à rotação lateral do joelho do membro saudável durante avaliação pré e pós-operatória.

Tabela 20- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. (continua)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
FLJL	CB	55,18±11,46*	38,69±6,90	<0,001	0,214	0,446	1,000	0,668
	WE	55,95±11,21*	46,45±12,28					
	EE	63,49±7,66*	49,33±12,46					
FLJS	CB	56,01±11,38	46,09±8,17	0,009	0,069	0,698	0,788	0,335
	WE	59,84±6,52	55,60±7,69					
	EE	65,52±8,82	58,39±12,01					
ABJL	CB	-2,91±2,23	-0,52±0,86	0,555	0,815	0,062	0,088	0,021
	WE	-0,42±1,37	-2,09±2,99					
	EE	-1,39±3,66	-0,91±1,36					

Tabela 21- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos abertos, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. (continuação)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
ABJS	CB	-3,48±2,05	-2,77±2,05	0,783	0,422	0,540	0,058	0,005
	WE	-3,02±1,11	-4,26±2,90					
	EE	-2,50±2,41	-2,44±1,84					
RLJL	CB	-2,07±1,28	-0,81±1,09	0,736	0,339	0,177	0,062	0,007
	WE	-2,84±2,01	-2,96±3,26					
	EE	-1,60±1,90	-2,31±1,96					
RLJS	CB	-0,89±0,97	1,36±1,03	0,115	0,011	0,429	0,347	0,139
	WE	-4,63±2,49#	-5,86±3,81#					
	EE	-3,91±1,61	-3,63±2,46					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). # indica diferença significativa em relação ao grupo CB pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). CB= Grupo Controle Basal. WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. FLJL= flexão do joelho lesionado, ABJL= abdução do joelho lesionado, RLJL= rotação lateral do joelho. FLJS= flexão do joelho saudável, ABJS= abdução do joelho saudável, RLJS=rotação lateral do joelho saudável.

Fonte: do autor.

Os dados referente à avaliação cinemática do quadril o durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação à excursão máxima dos movimentos analisados, estão apresentados na Tabela 17, sendo possível observar que não houve diferença significativa.

Tabela 22- Análise da cinemática do quadril dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. (continua)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
FLQL	CB	37,94±12,77	32,08±14,08	0,178	0,767	0,414	0,263	0,104
	WE	34,96±22,76	29,19±19,28					
	EE	37,61±17,39	39,12±12,37					
FLQS	CB	40,08±12,88	36,92±14,34	0,772	0,820	0,800	0,059	0,005
	WE	36,89±23,04	34,70±18,27					
	EE	40,26±20,23	42,56±15,38					
ADQL	CB	0,97±1,11	1,98±1,64	0,408	0,128	0,911	0,126	0,041
	WE	2,41±2,81	2,77±1,94					
	EE	2,06±1,20	2,47±1,79					
ADQS	CB	1,15±0,63	1,21±0,82	0,241	0,241	0,710	0,209	0,080
	WE	0,88±1,31	1,54±1,73					
	EE	1,33±0,66	2,38±2,14					

Tabela 23- Análise da cinemática do quadril dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. (continuação)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
RMQL	CB	2,48±4,92	1,35±3,81	0,991	0,749	0,317	0,050	0,001
	WE	1,56±4,94	0,02±3,14					
	EE	-0,73±4,94	1,97±4,07					
RMQS	CB	3,27±5,45	1,20±3,19	0,266	0,670	0,620	0,192	0,072
	WE	1,59±2,77	1,87±3,96					
	EE	1,92±3,94	-0,39±4,44					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal. WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. FLQL= flexão quadril do membro inferior lesionado, ADQL= adução do quadril do membro inferior lesionado, RMQL= rotação medial do quadril do membro inferior lesionado. FLQS= flexão do quadril do membro inferior saudável, ADQS= adução do quadril do membro inferior saudável, RMQS= rotação medial do quadril do membro inferior saudável.

Fonte: do autor.

Os dados referentes à avaliação cinemática do joelho durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação à excursão máxima dos movimentos analisados, estão apresentados na Tabela 18. Foi verificada diminuição significativa da flexão do joelho do membro operado durante a avaliação pós-operatória dos grupos CB e EE. O grupo WE apresentou aumento significativo da rotação lateral do joelho do membro saudável no momento pós-operatório.

Tabela 24- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. (continua)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
FLJL	CB	58,26±12,58*	42,34±7,46	0,008	0,371	0,191	0,812	0,349
	WE	50,49±11,52	48,62±12,64					
	EE	61,13±9,88*	50,82±11,06					
FLJS	CB	59,48±12,83	50,70±7,67	0,086	0,510	0,468	0,405	0,163
	WE	59,10±7,16	57,42±6,70					
	EE	61,93±12,00	58,81±11,36					
ABJL	CB	-3,28±2,27	-0,63±1,22	0,145	0,424	0,107	0,303	0,121
	WE	-0,41±3,44	-1,53±2,28					
	EE	-2,97±2,64	-1,14±0,99					
ABJS	CB	-2,61±1,94	-3,01±2,21	0,687	0,250	0,654	0,067	0,010
	WE	-5,81±7,23	-3,63±3,02					
	EE	-2,78±2,05	-2,99±1,82					

Tabela 25- Análise da cinemática do joelho dos grupos submetido à reconstrução do LCA, durante o miniagachamento bipodal com os olhos fechados, em relação à excursão máxima em cada movimento, na avaliação pré e pós-operatória. (continuação)

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
RLJL	CB	-2,25±1,74	-1,27±1,49	0,123	0,205	0,720	0,334	0,134
	WE	-3,88±3,35	-2,65±1,40					
	EE	-2,34±1,99	-2,03±2,41					
RLJS	CB	1,13±1,54	1,76±1,73	0,007	0,082	0,436	0,826	0,358
	WE	-3,52±3,90*	-5,58±3,07					
	EE	-2,82±1,52	-4,42±3,20					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. \* versus avaliação pré, diferem significativamente pelo teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal. WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. FLJL= flexão do joelho lesionado, ABJL= abdução do joelho lesionado, RLJL= rotação lateral do joelho. FLJS= flexão do joelho saudável, ABJS= abdução do joelho saudável, RLJS=rotação lateral do joelho saudável.

Fonte: do autor.

#### 5.4 VOLUME ESTIMADO DA COXA

Os dados referentes à avaliação do volume estimado da coxa do membro lesionado e saudável dos diferentes grupos do estudo estão apresentados na tabela 19. É possível observar que não houve diminuição significativa do volume estimado da coxa em todos os grupos do estudos.

Tabela 26- Análise do volume estimado da coxa dos grupos submetidos à reconstrução do LCA, na avaliação pré e pós-operatória.

Variável	Grupos	PRÉ	PÓS	Anova- valor de p			Power	f <sup>2</sup>
				Av	Grupo	Av*G		
VE ML	CB	4911,02±850,46	4465,05±862,88	0,055	0,142	0,394	0,492	0,199
	WE	5780,18±776,67	5756,72±935,64					
	EE	5622,44±1186,19	5389,06±1244,43					
VE MS	CB	4792,49±761,21	4568,27±681,80	0,089	0,055	0,535	0,398	0,160
	WE	5941,62±876,36	5972,98±822,04					
	EE	5653,43±1214,98	5432,95±1126,11					

Nota: Foi utilizado o teste de Anova de medidas repetidas. Av: Avaliação; Av\*G: Avaliação/ Grupo. f<sup>2</sup> = tamanho do efeito. CB= Grupo Controle Basal. WE= Grupo *Whey Protein* associado à EENM do quadríceps. EE= Grupo EENM do quadríceps. VE ML= volume estimada da coxa do membro lesionado. VE MS= volume estimado da coxa do membro saudável.

Fonte: do autor.

## 6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve o objetivo avaliar os efeitos do uso da suplementação com *whey protein* associado à EENM do quadríceps femoral em pacientes submetidos à reconstrução do LCA. A nossa hipótese era que essas intervenções atenuariam a perda de massa e manteriam a atividade eletromiográfica durante a fase pós-operatória imediata, ou seja, nos primeiros 15 dias após a cirurgia.

São escassos estudos que associem o uso da EENM e a suplementação proteica. Na literatura foram encontrados apenas dois estudos que associaram essas intervenções (REIDY et al., 2017; ZANGE et al., 2017), entretanto nenhum avaliou o efeito isolado da EENM. Zangee et al. (2017) verificaram que a EENM no músculo sóleo associado a suplementação com *whey protein* é eficaz para preservar o volume da musculatura da perna, e em menor relevância, manter a força dos flexores plantares em indivíduos saudáveis que utilizavam uma órtese em uma das pernas 8-16h por dia. Reidy et al. (2017) analisaram que a EENM e suplementação proteica foi capaz manter a massa magra, entretanto não houve atenuação no declínio da função e força muscular em idosos em repouso no leito durante cinco dias. Apesar desses estudos utilizarem intervenções semelhantes ao nosso trabalho, a comparação de resultados é difícil devido às diferenças metodológicas e população alvo adotadas.

### 6.1 ELETROMIOGRAFIA

A seguir será apresentado a discussão referente aos dados eletromiográficos.

#### 6.1.1 Membro Operado

Inicialmente foi verificado que em CIVM a atividade eletromiográfica do m. glúteo médio do membro operado não sofreu redução no grupo que consumiu *whey protein*. Sabe-se que a massa muscular é regulada pelas taxas de síntese e degradação de proteínas musculares, sendo que na atrofia de curto prazo ocorre a diminuição da síntese, com possível aumento da taxa de degradação protéica (KOBAYASHI et al., 2016; REIDY et al., 2017). A *whey protein*

é rica em aminoácidos essenciais, que são importantes para a estimular a síntese de proteínas musculares e consequente anabolismo (DEVRIES; PHILLIPS, 2015). Supõe-se que a manutenção da atividade EMG do m. glúteo médio neste grupo possa ter ocorrido pela manutenção da síntese de proteínas musculares.

Durante a avaliação pós-operatória o m. glúteo médio do grupos CB e EE reduziram a atividade eletromiográfica comparado à avaliação pré-operatória no membro operado. Entretanto, apenas o grupo CB apresentou diferença significativa na fase pós-operatória em relação ao grupo WE. É sugestivo que além do *whey protein* ter efeito sobre essa musculatura, não ter realizado nenhum tipo de intervenção na fase aguda do pós-operatório acarretou maior redução na atividade eletromiográfica desse músculo.

Tal fato é relevante visto que a fraqueza dessa musculatura está relacionada ao movimento de valgo dinâmico, o qual gera maior estresse na articulação patelofemoral e predispõe ao desenvolvimento de osteoartrite precoce (BARTON et al., 2014; TEVALD et al., 2016). Além disso, a fraqueza do m. glúteo médio também têm relação com outras alterações do joelho, como dor femoropatelar, síndrome do atrito iliotibial e é um fator de risco para lesões do LCA sem contato (BARTON et al., 2014; KHAYAMBASHI et al., 2016).

Considerando as consequências que a fraqueza do m. glúteo médio pode causar, é relevante utilizar intervenções para prevenir a perda de força dessa musculatura. De acordo com os nossos resultados, a *whey protein* pode ser uma intervenção eficaz para atenuar os efeitos do período de restrição de movimento comum durante o pós-operatório inicial reconstrução de LCA.

Thomas et al. (2013) não verificaram diminuição da força dos abdutores do quadril aproximadamente 200 dias após a reconstrução do LCA. Entretanto esse estudo não analisou a fase inicial pós-operatório.

Niitsu et al. (2016) verificaram que no pós-operatório de fratura de quadril em idosos, o uso concomitante da *whey protein* associado a exercícios de resistência aumentou a força muscular extensora do joelho se comparado aos exercícios isolados. Em contrapartida, existem limitações quanto a comparação deste estudo ao nosso, visto que existem diferenças metodológicas e de população alvo avaliadas, como por exemplo a aplicação do protocolo ter sido realizada no primeiro estudo por duas semanas, cinco vezes por semana e utilizando uma dose de 42g de *whey protein* diariamente (NIITSU et al., 2016). Esses autores utilizaram uma dose diferente da utilizada no presente estudo. Todavia já foi evidenciado que idosos necessitam de uma maior quantidade de *whey protein* para estimular a síntese de proteínas (MOORE et al., 2015). Esse fator explica a diferença entre as doses utilizadas, sendo que para indivíduos jovens

20g de *whey protein* é suficiente para estimular a síntese de proteínas musculares (AKHAVAN, et al., MORTON; MCGLORY; PHILLIPIS, 2015).

Entretanto, o mesmo resultado encontrado para o m. glúteo médio não foi evidenciado para atividade eletromiográfica dos mm. bíceps femoral, semitendíneo e gastrocnêmio cabeça medial na análise da CIVM do membro operado, os quais apresentaram diminuição dessa atividade no momento pós-operatório em todos os grupos do estudo. Embora os mm. isquiotibiais e gastrocnêmios sejam ambos flexores da articulação do joelho, eles desempenham papéis opostos ao LCA, sendo o primeiro tido como um protetor e o segundo responsável por aumentar a tensão ligamentar (ADOUNI; SHIRAZI-ADL; MAROUANE, 2016).

Os músculos isquiotibiais reduzem consideravelmente a força muscular no pós-operatório do LCA independentemente do tipo de enxerto utilizado (TIMMINS et al., 2016) e tal déficit persiste por até um ano após a cirurgia (THOMAS et al., 2013, LEE et al., 2015) mesmo em situações de reabilitação bem sucedida (ARDERN et al., 2010). Tal fato nos permite afirmar que o déficit de força destes músculos possa reduzir o seu efeito protetor sobre o enxerto durante a fase de reabilitação, porém tal análise não foi realizada no presente estudo.

Na fase pré-operatória de reconstrução da lesão do LCA tem sido relatado maior fraqueza dos músculos flexores plantares do tornozelo no membro operado (THOMAS et al., 2013). Outro estudo relatou que a força destes músculos não foi influenciada em nenhum ponto pós-operatório avaliado (3-6, 6-9 ou 9-12 meses de pós-operatório), sugerindo que a restauração da força do flexor plantar pode ocorrer precocemente durante o período reabilitação (KARANIKAS; ARAMPATZIS; BRÜGGEMANN, 2009). Entretanto, nossos achados discordam desse autor, pois verificamos que houve redução significativamente da atividade elétrica do m. gastrocnêmio cabeça medial 15 dias após o procedimento de reconstrução do ligamento, independente do grupo estudado. Todavia é importante ressaltar que esses autores não avaliaram os efeitos imediatos da reconstrução do LCA no m. gastrocnêmio.

Os mm. gastrocnêmios possuem ação primária na articulação do joelho sendo que em simulações computacionais foi demonstrado que a sua força é capaz de influenciar a força dos isquiotibiais no momento de flexão a 90 graus e se comporta como um antagonista do LCA (ADOUNI; SHIRAZI-ADL; MAROUANE, 2016). Em relação a força de cisalhamento na articulação tibiofemoral, o m. gastrocnêmio desempenha uma função semelhante ao m. quadríceps femoral, pois ambos contribuem para o cisalhamento anterior (MANIAR et al., 2018). Além disso, o m. gastrocnêmio é conectado neuralmente ao quadríceps femoral (PIERROT-DESEILLIGN et al., 1981; MEUNIER; PIERROT-DESEILLIGNY; SIMONETTA, 1993) e a força alterada associado a redução da atividade neuromuscular do

quadríceps após a lesão do LCA poderiam potencializar a fraqueza do m. gastrocnêmio (PIERROT-DESEILLIGNY et al., 1981; MEUNIER; PIERROT-DESEILLIGNY; SIMONETTA, 1993). Nesse sentido, é possível que tais fatos contribuam para o déficit de força e até mesmo a redução da atividade eletromiográfica na fase pós-operatória imediata deste músculo no membro operado em nosso estudo.

É provável que o fator dose administrada da *whey protein* possa não ter sido suficiente para estimular a síntese proteica nesses músculos. Outro fator, que pode ter sido a causa dessa resposta foi que o consumo da *whey protein* aconteceu apenas nos dias em que foi realizado a intervenção com EENM, é possível supor que se a suplementação tivesse sido realizada diariamente os resultados obtidos teriam sido mais satisfatórios.

A fraqueza do quadríceps femoral é um fator modificável que influencia negativamente a degeneração articular, diminui a função do joelho e a qualidade de vida de pessoas que tiveram o LCA reconstruído, além de predispor ao desenvolvimento de osteoartrite precoce (LEPLEY; WOJTYS; PALMIERI-SMITH, 2015; TEVALD et al., 2016).

Durante o miniagachamento com os olhos abertos, foi observado que os voluntários do grupo CB apresentaram diminuição significativa da atividade eletromiográfica do m. vasto medial do membro operado, tal fato não ocorreu nos outros grupos do estudo. O uso da EENM associado à reabilitação na fase inicial após a reconstrução do LCA é eficaz para prevenir a atrofia (HAUGER et al., 2017; LABANCA et al., 2017), diminuir a perda de força do m. quadríceps femoral (KIM et al., 2010; HASEGAWA et al., 2011; HAUGER et al., 2017), auxiliar na recuperação da força e simetria do quadríceps femoral (LABANCA et al., 2017) e diminuir a inibição muscular (HARKEY; GRIBBLE; PIETROSIMONE, 2014; HAUGER et al., 2017). Pressupõe-se que a EENM tenha sido eficaz para manter a atividade eletromiográfica do m. vasto medial durante a realização de uma atividade voluntária como o miniagachamento, pois é capaz de atuar como ferramenta desinibitória e ativadora do m. quadríceps femoral (HARKEY; GRIBBLE; PIETROSIMONE, 2014).

Apesar existirem muitos estudos relacionados ao uso da EENM em pacientes após a reconstrução do LCA ainda é verificado que há uma grande variabilidade dos parâmetros e protocolos utilizados, o que dificulta a comparação de resultados (KIM et al., 2010; HAUGER et al., 2017). Entretanto, a maioria dos estudos concordam em relação à intensidade utilizada, sendo descrita como a máxima tolerada pelo paciente (KIM et al., 2010; HAUGER et al., 2017). Esse parâmetro foi adotado no presente estudo.

Durante a avaliação pré-operatória do miniagachamento com os olhos abertos e fechados, os voluntários do grupo CB apresentavam o m. glúteo máximo menos ativo no

membro lesionado se comparado aos outros grupos do estudo, entretanto esse achado não permaneceu durante a avaliação pós-operatória. É possível que a randomização adotada no estudo possa ter direcionado os voluntários naturalmente com menor atividade eletromiográfica desse músculo para o grupo CB na fase pré-operatória. Entretanto, pelo fato dos voluntários na fase inicial pós-operatória, não realizarem marcha de modo adequado e realizarem movimentos do quadril que busquem proteger a articulação do joelho operado, os mesmos possam ter recrutado mais este músculo e conseqüentemente tê-lo estimulado. Existe relato que após uma ano de cirurgia houve maior ativação do m. glúteo máximo no membro operado durante a subida e descida de escada quando comparado à indivíduos saudáveis (HALL; STEVERMER; GILLETTE, 2015)

### 6.1.2 Membro Saudável

Em relação a atividade eletromiográfica dos músculos do membro saudável, foi verificado que apenas o m. glúteo máximo dos voluntários do grupo que consumiu *whey protein* apresentaram uma diminuição dessa variável no momento pós-operatório na análise da CIVM. Entretanto não foi demonstrado na literatura estudos que demonstrem redução da atividade eletromiográfica deste músculo após o uso do *whey protein*, sendo identificado apenas respostas que não produziram ganho durante o treino de resistência em voluntários treinados e não treinados (BOONE et al., 2015; HWANG et al., 2017).

Outro achado interessante de nosso estudo foi que no membro saudável durante o miniagachamento com os olhos fechados houve o aumento na atividade eletromiográfica do m. glúteo médio do grupo EE na avaliação pós-operatória, porém não existia diferença significativa entre os grupos avaliados. A análise desse resultado deve ser interpretado com cautela, pois é possível que o grupo que recebeu a eletroestimulação, possa ter recrutado de modo precoce o músculo glúteo médio saudável.

De acordo com nossos resultados foi possível observar que a *whey protein* na dose e frequência administrada não influenciou positivamente a atividade EMG do músculos avaliados o membro saudável. É possível supor que se a suplementação tivesse sido realizada diariamente os resultados obtidos teriam sido mais satisfatórios.

## 6.2 BAROPODOMETRIA

A seguir será apresentado a discussão referente aos dados da baropodometria.

### 6.2.1 Distribuição de Massa Corporal

A avaliação da distribuição de massa em movimentos dinâmicos fornece informações importantes sobre assimetria de cargas nos membros lesionado e saudável (CLARK et al., 2014). Na análise do miniagachamento com os olhos abertos e fechados, o grupo CB apresentou maior concentração de massa sobre o membro saudável, e conseqüente diminuição sobre o membro operado. Acredita-se que esse grupo apresentou mecanismos compensatórios devido à cinesiofobia, mas não avaliamos essa variável. Os demais grupos do estudo não apresentaram o mesmo resultado. É provável que a EENM isolada ou associada a suplementação de *whey protein* possa ter favorecido as respostas obtidas, pois é capaz de atuar como um recurso desinibitório restaurador da função do m. quadríceps femoral (HARKEY; GRIBBLE; PIETROSIMONE, 2014).

Ao analisar a concentração de massa anterior e posterior dos voluntários do estudo foi observado que aqueles pertencentes aos grupos CB e WE eram significativamente diferentes em ambos os momentos de avaliação. Tal fato pode ter ocorrido pela randomização adotada no estudo, a qual aleatoriamente selecionou sujeitos com maior concentração de distribuição de massa para a região anterior no grupo que suplementou com a *whey protein*. É importante ressaltar que a distribuição de massa corporal deve ser estabelecida o quanto antes pois pacientes submetidos à reconstrução do LCA tendem a apresentar redução da densidade mineral óssea na região do quadril sendo isso um fator de risco para outras lesões (REIMAN; ROGERS; MANSKE, 2006).

### 6.2.1 Estabilometria

Foi observado durante o miniagachamento com os olhos abertos, que os voluntários do grupo EE apresentaram um aumento da oscilação laterolateral na avaliação pós-operatória se comparado à avaliação inicial. É possível que o fator acuidade visual tenha influenciado os achados do presente estudo (GANDOLFI et al., 2018).

Na avaliação estabilométrica de pacientes com lesão do LCA aguda e crônica foi identificado que o membro saudável não se difere do membro lesionado em avaliações de estabilidade médio-lateral, porém na fase crônica apresenta maiores valores de oscilação (LEE et al., 2015). É possível que o grupo EE tenha tido o comportamento semelhante ao de pacientes com lesão crônica não tratados cirurgicamente.

A reconstrução do LCA é realizada com o objetivo de restaurar a estabilidade mecânica, melhorar o desempenho funcional aos níveis pré-lesão. A estabilidade mecânica após a reconstrução do LCA comumente é restaurada, entretanto os pacientes podem continuar apresentando alterações no equilíbrio postural (MOSTAFAEE et al., 2017).

A menor variabilidade da oscilação do centro de pressão (COP) é caracterizada como controle postural ideal (NEGAHBAN et al., 2010). O aumento da regularidade de COP pode ser um reflexo do processamento cognitivo superior na manutenção do equilíbrio (NEGAHBAN et al., 2010). Sendo que alguns fatores aumentam a oscilação postural, como a presença de alguma doença, o envelhecimento ou algum desafio sensorial. A regularidade do COP pode ser utilizada para avaliar a atenção investida no controle postural (STINS et al., 2009).

Os estudos em relação a estabilidade postural após a lesão do LCA ainda são contraditórios. Bodkin et al. (2018) verificaram que indivíduos que foram submetidos à reconstrução do LCA não apresentaram déficits na estabilidade postural em comparação ao controle saudável ou ao membro contralateral quando avaliados em apoio unipodal (BODKIN et al., 2018).

Durante o miniagachamento com os olhos abertos foi verificado que os voluntários dos grupos WE e EE apresentaram um aumento significativo da área do COP no momento pós-operatório. Sabe-se que o sistema vestibular, visual e a propriocepção contribuem para a manutenção do controle postural e equilíbrio corporal (LEE; CHENG; LIAU, 2009; GANDOLFI et al., 2018). Entretanto, foi demonstrado que em pacientes com lesão do LCA aguda (tempo de lesão  $\leq 3$  meses) e crônica (tempo de lesão  $> 3$  meses) o membro lesionado apresenta maior índice de instabilidade se comparado ao membro saudável independente da fase da lesão (LEE et al., 2015). Nesse sentido, acreditamos que os recursos utilizados possam não ter influenciado nas respostas de equilíbrio postural, pois outros autores

verificaram que após 6 e 12 meses de reconstrução do LCA, os indivíduos ainda apresentavam déficit de equilíbrio comparado com indivíduos saudáveis (CLARK et al., 2014). Howels et al. (2011) concluíram em sua revisão sistemática que o controle postural possivelmente não é reestabelecido em pessoas submetidas à reconstrução do LCA quando comparado à indivíduos saudáveis.

### 6.3 CINEMÁTICA

A seguir será apresentado a discussão referente aos dados cinemáticos.

#### 6.3.1 Membro Operado

A força do m. quadríceps femoral interfere nos movimentos realizados no plano sagital sendo importante se restaurar a cinemática adequada após a reconstrução do LCA (LEWEK et al., 2002). Foi verificado que na presença de fraqueza desse músculo ocorre diminuição da flexão do joelho operado durante a marcha, gerando adaptações de movimento semelhante às apresentadas por pessoas com lesão aguda do LCA (LEWEK et al., 2002). Sendo assim era esperado que os voluntários dos grupos WE e EE apresentassem menos alterações devido aos efeitos das intervenções utilizadas no presente estudo, para atenuar a perda de força do m. quadríceps femoral, porém com as padronizações a no presente estudo dotadas no estudo não foi possível identificar tal efeito.

A análise cinemática do presente estudo baseou-se na investigação do exercício de miniagachamento, que é um exercício que envolve múltiplas articulações e comumente é utilizado na fase inicial da reabilitação de reconstrução do LCA (ROOS; BUTTON; DEURSEN, 2014). Entretanto, a prática deste exercício depende do comportamento simétrico de ativação muscular, a qual pode estar reduzida e gerar consequentemente redução da eficácia desse exercício (PATERNO et al., 2007, ROOS; BUTTON; DEURSEN, 2014). Pacientes que realizaram esse tipo exercício apresentaram duas estratégias para gerar os torques articulares após a cirurgia. No membro saudável, distribuem igualmente o esforço muscular entre o quadril e extensores do joelho, já no membro operado, aumentam o esforço muscular no quadril e

reduzem o esforço no joelho. Essas alterações na programação motora intra e inter membros podem potencialmente retardar ou limitar a reabilitação, além de induzir déficits de força e desempenho (SALEM, SALINAS, HARDING, 2003).

No presente estudo foi observado que após a cirurgia os movimentos de flexão, adução e rotação medial da articulação do quadril, não se alteraram nos diferentes grupos do estudo em relação ao ângulo alvo, independente da influência da visão. É possível deduzir que não houve estratégia adaptativa de movimento no quadril no período de avaliação (SALEM, SALINAS, HARDING, 2003).

Ao avaliar o ângulo máximo obtido foi observado que o grupo que consumiu a *whey protein* reduziu os valores de flexão do quadril obtidos, ou seja, podem ter apresentado uma estratégia de aumento do esforço muscular como observado na resposta eletromiográfica do músculo vasto medial.

Em relação ao ângulo alvo, com os olhos abertos, os voluntários do grupo EE apresentaram diminuição significativa da flexão do joelho operado. Com os olhos fechados os voluntários dos grupos CB e EE apresentaram diminuição da flexão do joelho lesionado. Roos; Button; Deursen (2014) verificaram que os voluntários submetidos à reconstrução do LCA apresentam diminuição da flexão do joelho operado durante o agachamento bipodal, e desenvolveram compensações no membro contralateral e quadril e tornozelo do membro operado. Em nosso estudo não analisamos a cinemática da articulação do tornozelo. É possível deduzir que os voluntários que não apresentaram compensações no quadril ou membro contralateral possam ter desenvolvido compensações na articulação do tornozelo.

Durante o miniagachamento com os olhos abertos, em relação à excursão máxima, todos os voluntários apresentam diminuição da flexão do joelho operado. Para a mesma análise com os olhos fechados, o grupo CB e EE continuaram apresentando diminuição da flexão do joelho na avaliação pós-operatória. O grupo WE não apresentou alterações com os olhos fechados, entretanto, foi observado na mesma análise que esse grupo aumentou a rotação lateral do joelho saudável, isso pode ter ocorrido como estratégia compensatória (ROOS; BUTTON; DEURSEN, 2014).

Recentemente foi demonstrado que as estratégias compensatórias durante o agachamento bipodal podem alterar ao decorrer da reabilitação. Ao terceiro mês de pós-operatório as compensações acontecem no membro saudável e ao quinto são observadas movimentos compensatórios no quadril ipsilateral (SIGWARD et al., 2018). Em outro estudo foi demonstrado que estes movimentos anômalos podem persistir até um ano após a cirurgia (NEITZEL; KERNOZEK; DAVIES, 2002).

### 6.3.2 Membro Saudável

Comumente após a reconstrução do LCA os indivíduos apresentam uma tendência a proteger o membro operado, evitando descarregar peso e limitando os movimentos (ARAGÃO et al., 2015). Assim é esperado que eles apresentem sobrecarga e desenvolvam estratégias compensatórias no membro saudável.

Durante o miniagachamento com os olhos abertos, em relação ao ângulo alvo, os indivíduos não apresentaram estratégias de compensação de movimento como descrito na literatura (SALEM, SALINAS, HARDING, 2003; ARAGÃO et al., 2015).

Em relação à excursão máxima, com os olhos fechados, apenas o movimento de rotação lateral do joelho saudável dos voluntários do grupo WE aumentou seus valores no momento pós-operatório. É possível que a suplementação tenha tido maior efeito sobre os músculos responsáveis por este movimento, no caso os músculos glúteos (NEUMANN, 2010). Associado foi possível observar que os mm. glúteo máximo e médio aumentaram de modo não significativo a atividade eletromiográfica durante o miniagachamento com os olhos fechados. Recentemente foi atribuído a estes músculos o controle dos movimentos de rotação externa e interna do joelho influenciando diretamente os movimentos de valgo e varo dessa articulação (MANIAR et al., 2018).

De acordo com o nosso estudo, observamos que os indivíduos submetidos à reconstrução do LCA apresentam alterações cinemáticas no membro operado e saudável na fase aguda do pós-operatório, porém com estratégias compensatórias diferentes. A cinemática alterada e a assimetria de movimento entre os membros podem predispor o paciente ao desenvolvimento de osteoartrite precoce e da recidiva de lesão (NEITZEL; KERNOZEK; DAVIES, 2002; LEE et al., 2018). Assim, a análise precoce do movimento é um importante aliado do profissional de reabilitação, pois contribui para uma análise norteadora dos programas de reabilitação permitindo identificar os padrões compensatórios de movimento.

### 6.4 VOLUME ESTIMADO DA COXA

A imobilização ou desuso são comuns durante o pós-operatório de LCA e resultam em diminuição da massa muscular oriunda da redução da síntese de proteica (DIRKS, WALL, VAN LOON, 2017). Dentre as principais estratégias para minimizar a atrofia muscular estão a ingestão de proteica e a contração muscular (DIRKS, WALL, VAN LOON, 2017). Neste sentido, a EENM associado a suplementação da *whey protein* seriam recursos eficazes para minimizar a atrofia muscular na fase inicial após a reconstrução do LCA.

Em nosso estudo não verificamos diminuição significativa no volume estimado da coxa por meio da metodologia adotada, entretanto é possível observar que os voluntários do grupo que consumiu a *whey protein* apresentaram menor redução dos valores obtidos (valores não significativos). Em contrapartida, o grupo CB não demonstrou redução significativa dos valores de volume estimado da coxa. É possível que o tempo de análise (15dias) não foi suficiente para se identificar a redução significativa do volume estimado na coxa nos voluntários do estudo.

Thomas et al (2016) verificaram por meio de ressonância magnética que os pacientes submetidos à reconstrução do LCA apresentam atrofia da coxa do membro lesionado comparado ao membro saudável até sete meses após a cirurgia, e verificaram que a atrofia tem relação com a fraqueza muscular (THOMAS et al., 2016). Em outro estudo foi observado por meio da medida da circunferência da coxa, que há atrofia está presente até vinte oito meses após a reconstrução do LCA, porém a mesma não foi relacionada a força muscular (KILINÇ et al., 2015).

## 7. CONCLUSÃO

Na amostra estudada não foram identificadas alterações significativas na EMG dos mm. vasto medial, vasto lateral e reto femoral durante a CIVM do membro operado em todos os grupos do estudo. A associação entre EENM e *whey protein* no músculo quadríceps foi capaz de prevenir a diminuição da atividade EMG do m. glúteo médio obtido na CIVM do membro operado.

A utilização da EENM isolada e associada à *Whey Protein* foram eficazes em manter a atividade eletromiográfica do m. vasto medial do membro operado durante o movimento de miniagachamento e prevenir assimetrias na distribuição de massa corporal entre membro saudável e operado no momento pós-operatório, independente da acuidade visual.

A utilização da EENM isolada e associada à *Whey Protein* aumentaram a área deslocamento da área de COP durante o miniagachamento com os olhos abertos. Além disso, as intervenções utilizadas não foram eficazes para prevenir alterações cinemáticas durante o movimento de miniagachamento.

O volume estimado da coxa, independente do membro avaliado, não sofreu alteração em nenhum grupo do estudo no período de avaliação adotado.

## 8. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Existem algumas limitações que precisam ser consideradas. Primeiramente, esse estudo apresenta uma amostra relativamente pequena, sendo necessário cuidado ao interpretar e generalizar os dados. Outra limitação que deve ser considerado é que não houve cegamento dos voluntários da pesquisa e controle da dieta alimentar dos indivíduos. A dose e frequência da suplementação com a *whey protein* também pode ser consideradas como fatores que podem afetar e limitar os resultados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, D.R.; BERTONCELLO, D.; CARVALHO L.C. Avaliação das propriedades mecânicas do músculo gastrocnêmio de ratas imobilizado e submetido à corrente russa. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 16, n. 1, p. 59-64, 2009.
- ADOUNI, M.; SHIRAZI-ADL, A.; MAROUANE, H. Role of gastrocnemius activation in knee joint biomechanics: gastrocnemius acts as an ACL antagonist. **Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering**, v. 19, n. 4, p. 376–385, 2016.
- AKHAVAN, T. et al. Mechanism of action of pre-meal consumption of whey protein on glycemic control in young adults. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.25, n.1, p.36-43, 2014.
- ALBERTUS-KAJEE, Y. et al. Alternative methods of normalising EMG during running. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 21, n. 4, p. 579–586, 2011.
- ALVES, P. H. M. et al. Lesão do ligamento cruzado anterior e atrofia do músculo quadríceps femoral. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, p. 146-156, 2009.
- ARAGÃO, F. A. et al. Neuromuscular efficiency of the vastus lateralis and biceps femoris muscles in individuals with anterior cruciate ligament injuries. **Revista Brasileira de Ortopedia** (English Edition), v. 50, n. 2, p. 180–185, 2015.
- ARDERN, C. L. et al. Hamstring Strength Recovery After Hamstring Tendon Harvest for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Comparison Between Graft Types. **Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery**, v. 26, n. 4, p. 462–469, 2010.
- ASTUR, D.C. et al. Riscos e consequências do uso da técnica transportal na reconstrução do ligamento cruzado anterior: relação entre o túnel femoral, a artéria genicular lateral superior e o epicôndilo lateral do côndilo femoral. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 47, n. 5, p. 606–610, 2012.
- ATHERTON, P. J.; SMITH, K. Muscle protein synthesis in response to nutrition and exercise. **Journal of Physiology**, v. 590, n. 5, p. 1049–1057, 2012.
- BALSHAW, T. G. et al. Reliability of quadriceps surface electromyography measurements is improved by two vs. single site recordings. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 6, p. 1085–1094, 2017.
- BARTON, C. J. et al. Gluteal muscle activation during the isometric phase of squatting exercises with and without a Swiss ball. **Physical Therapy in Sport**, v. 15, n. 1, p. 39–46, 2014.
- BERGQUIST, A. J. et al. Neuromuscular electrical stimulation: Implications of the electrically evoked sensory volley. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 10, p. 2409–2426, 2011.
- BICKEL, C. S.; GREGORY, C. M.; DEAN, J. C. Motor unit recruitment during neuromuscular electrical stimulation: A critical appraisal. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 10, p. 2399–2407, 2011.

- BODKIN, S. G. et al. ACL reconstructed individuals do not demonstrate deficits in postural control as measured by single-leg balance. **Gait and Posture**, n. may, 2018.
- BOLGLA, L. A.; UHL, T. L. Reliability of electromyographic normalization methods for evaluating the hip musculature. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 17, n. 1, p. 102–111, 2007.
- BOONE, C. H. et al. Muscle strength and hypertrophy occur independently of protein supplementation during short-term resistance training in untrained men. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**, v.40, n.8, p. 797–802, 2015.
- BREMNER, C. B. et al. The Effectiveness of Neuromuscular Electrical Stimulation in Improving Voluntary Activation of the Quadriceps: A Critically Appraised Topic. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 26, n. 4, p. 316–323, 2017.
- CAVALCANTE, M. L. C. et al. Índice de fadiga do músculo quadríceps femoral em atletas de futebol após reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 51, n. 5, p. 535–540, 2016.
- CHOWDHURY, R. et al. Surface Electromyography Signal Processing and Classification Techniques. **Sensors**, v. 13, n. 9, p. 12431–12466, 2013.
- CLARK, R. A. et al. Assessment of standing balance deficits in people who have undergone anterior cruciate ligament reconstruction using traditional and modern analysis methods. **Journal of Biomechanics**, v. 47, n. 5, p. 1134–1137, 2014
- COHEN J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2<sup>a</sup> ed. Hillsdale, NJ: **Erlbaum**. p. 280– 282, 1988.
- COSSICH, V. et al. Déficit proprioceptivo em indivíduos com ruptura unilateral do ligamento cruzado anterior após a avaliação ativa do senso de posicionamento articular. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 49, n. 6, p. 607–612, 2014.
- CULTRERA, P. et al. Evaluation with stabilometric platform of balance disorders in osteoporosis patients. A proposal for a diagnostic protocol. **Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism**, v.7, n.2, p.123-125, 2010.
- CURY, R. DE P. L. et al. Avaliação comparativa dos resultados de três técnicas na reconstrução do ligamento cruzado anterior com seguimento mínimo de dois anos. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 52, n. 3, p. 319–324, 2017.
- DAVIES, R. W.; CARSON, B. P.; JAKEMAN, P. M. The effect of whey protein supplementation on the temporal recovery of muscle function following resistance training: A systematic review and meta-analysis. **Nutrients**, v. 10, n. 2, 2018.
- DAVINI, R. et al. Avaliação da atividade eletromiográfica, da força muscular e da função em paciente submetido a reabilitação do ligamento cruzado anterior por meio do protocolo acelerado modificado. **Revista de Ciências Médicas**, v. 14, n. 5, 2005.
- DEVRIES, M. C.; PHILLIPS, S. M. Supplemental protein in support of muscle mass and health: Advantage whey. **Journal of Food Science**, v. 80, p. A8–A15, 2015.
- DIRKS, M. L. et al. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle disuse atrophy during leg immobilization in humans. **Acta Physiologica**, v. 210, n. 3, p. 628–641, 2014.
- DIRKS, M. L.; WALL, B. T.; VAN LOON, L. J. C. Interventional strategies to combat

muscle disuse atrophy in humans: focus on neuromuscular electrical stimulation and dietary protein. **Journal of Applied Physiology**, v.122, n.1, p. 20-27, 2017.

ERICKSON, B. J.; PHAM, A.; HARO, M. S. Risk of Reinjury or Subsequent Injury After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Operative Techniques in Sports Medicine**, v. 24, n. 1, p. 65–72, 2016.

FAILLA, M. J. et al. Controversies in knee rehabilitation. Anterior cruciate ligament injury. **Clinics in Sports Medicine**, v. 34, n. 2, p. 301–312, 2015.

FARUP, J. et al. Whey protein supplementation accelerates satellite cell proliferation during recovery from eccentric exercise. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 7, p. 2503–2516, 2014.

FERREIRA, A. S.; GUIMARÃES, F. S.; SILVA, J. G. Aspectos metodológicos da eletromiografia de superfície: considerações sobre os sinais e processamentos para estudo da função neuromuscular. **Revista Brasileira de Ciência e Esporte**, v. 31, n. 2, p. 11–30, 2010.

FRANCO, J. B. et al. Avaliação por meio da eletromiografia de superfície dos efeitos da corrente russa no paciente pós-operatório do ligamento cruzado anterior. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 17, n. 1, p. 53–60, 2013.

GANDOLFI, M. et al. Changes in the sensorimotor system and semitendinosus muscle morphometry after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction : a prospective cohort study with 1-year follow-up. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, 2018.

GLAVIANO, N. R.; LANGSTON, W. T.; HART, J. M. Influence Of Patterned Electrical Neuromuscular Stimulation on Quadriceps Activation in Individuals with Knee Joint Injury. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 9, n. 7, p. 915–923, 2014.

GUIMARÃES, M. V.; CARVALHO JUNIOR, L. H.; TERRA, D.L. Reconstrução do ligamento cruzado anterior com o terço central do tendão do músculo quadríceps : análise de resultados após 10 anos reconstruction of the anterior cruciate ligament with the central. **Revista Brasileira de Ortopedia**. v. 44, n. 31, p. 306–312, 2009.

GUO, B. S. et al. Electrical stimulation influences satellite cell proliferation and apoptosis in unloading-induced muscle atrophy in mice. **PLoS ONE**, v. 7, n. 1, p. 1–10, 2012.

HA, E.; ZEMEL, M. B. Functional properties of whey , whey components , and essential amino acids : mechanisms underlying health benefits for active people ( Review ). **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 14, p. 251–258, 2003.

HALAKI, M.;GINN, K. Normalization of EMG Signals: To Normalize or Not to Normalize and What to Normalize to? **Computational Intelligence in Electromyography Analysis – A Perspective on Current Applications and Future Challeng**, 2012.

HALL, M.; STEVERMER, C. A.; GILLETTE, J. C. Muscle activity amplitudes and co-contraction during stair ambulation following anterior cruciate ligament reconstruction. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 25, n. 2, p. 298–304, 2015.

HARKEY, M. S.; GRIBBLE, P. A.; PIETROSIMONE, B. G. Disinhibitory interventions and voluntary quadriceps activation: A systematic review. **Journal of Athletic Training**, v. 49, n. 3, p. 411–421, 2014.

HASEGAWA, S. et al. Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to

prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 21, n. 4, p. 622–630, 2011.

HAUGER, A. V. et al. Neuromuscular electrical stimulation is effective in strengthening the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament surgery. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 26, n.2, p. 399-410, 2018.

HERMENS, H. J., et al. European Recommendations for Surface Electromyography – **SENIAM**, n. 8, 1999.

HOWELLS, B. E.; ARDEN, C.L.; WEBSTER, K. E. Is postural control restored following anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, 1168–1177, 2011.

HSU, W.-L.; KRISHNAMOORTHY, V.; SCHOLZ, J. P. An Alternative Test of Electromyographic Normalization in Patients. **Muscle & Nerve**, v. 33, n. 2, p. 232–241, 2006.

HWANG, et al. Resistance training–induced elevations in muscular strength in trained men are maintained after 2 weeks of detraining and not differentially affected by whey protein supplementation. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.31, n.4, 869-881, 2017.

ICHIBA, A. et al. Graft quality and clinical outcomes of intraoperative bone tunnel communication in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. **Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology**, v. 3, p. 6–12, 2016.

IRARRÁZVAL, S. Variations in Anterior Cruciate Ligament Anatomy. **Operative Techniques in Orthopaedics**, v. 27, n. 1, p. 8–13, 2017.

JAMIL, T. et al. A Review on Biomechanical and Treatment Aspects Associated with Anterior Cruciate Ligament. **Innovation and Research in BioMedical engineerin**, v. 38, n. 1, p. 13–25, 2017.

JENSEN, T. et al. Whey protein stories – An experiment in writing a multidisciplinary biography. **Appetite**, v. 107, p. 285–294, 2016.

KAEDING, C. C.; LÉGER-ST-JEAN, B.; MAGNUSSEN, R. A. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. **Clinics in Sports Medicine**, p. 1–8, 2016.

KANDA, A. et al. Post-exercise whey protein hydrolysate supplementation induces a greater increase in muscle protein synthesis than its constituent amino acid content. **British Journal of Nutrition**, v. 110, n. 6, p. 981–987, 2013.

KARANIKAS, K., ARAMPATZIS, A.; BRÜGGEMANN, G.P. Motor task and muscle strength followed different adaptation patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**. V.45, N. 1, P.37-45, 2009.

KHAYAMBASHI, K. et al. Hip Muscle Strength Predicts Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury in Male and Female Athletes: A Prospective Study. **American Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 2, p. 355–361, 2016.

KILINÇ, B. E. et al. Isokinetic dynamometer evaluation of the effects of early thigh diameter

- difference on thigh muscle strength in patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon graft. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 11, n. 2, p. 95–100, 2015.
- KIM, K.M. et al. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Quadriceps Strength, Function, and Patient-Oriented Outcomes: A Systematic Review. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v.40, n. 7, p. 383-391, 2010.
- KOBAYASHI, Y. et al. Supplementation of protein-free diet with whey protein hydrolysates prevents skeletal muscle mass loss in rats. **Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism**, v. 4, p. 1-5, 2016.
- LABANCA, L. et al. Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 3, p. 407-416, 2017.
- LEE, D.-H. et al. Effect of Time after Anterior Cruciate Ligament Tears on Proprioception and Postural Stability. **Plos One**, v. 10, n. 9, p. e0139038, 2015.
- LEE, H.; CHENG, C.; LIAU, J. The Knee Correlation between proprioception , muscle strength , knee laxity , and dynamic standing balance in patients with chronic anterior cruciate ligament de fi ciency. **The Knee**, v. 16, n. 5, p. 387–391, 2009.
- LEE, D. H. et al. Serial changes in knee muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autografts. **Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery**, v. 31, n. 5, p. 890–895, 2015.
- LEE, D. W. et al. Prevalence and Predictors of Patellofemoral Osteoarthritis after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Hamstring Tendon Autograft. **Clinics in Orthopedic Surgery**, v.10, n. 2,p. 181–190, 2018.
- LEPLEY, A. S. et al. Contributions of neural excitability and voluntary activation to quadriceps muscle strength following anterior cruciate ligament reconstruction. **The Knee**, v. 21, n. 3, p. 736–742, 2014.
- LEPLEY, L. K.; WOJTYS, E. M.; PALMIERI-SMITH, R. M. Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve biomechanical limb symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. **Clinical Biomechanics**, v. 30, n. 7, p. 738–747, 2015.
- LEPLEY, A. S.; KUENZE, C. M. Hip and Knee Kinematics and Kinetics During Landing Tasks After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Journal of Athletic Training**, v. 53, n. 2, p. 144-159, 2018.
- LEFEBVRE, R. et al. Vastus medialis: anatomical and functional considerations and implications based upon humsn and cadaveric studies. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**. v. 29, n.2, p. 139-144, 2006.
- LEWEK, M. et al. The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. **Clinical Biomechanics**, v. 17, n. 1, p. 56–63, 2002.
- ŁYP, M. et al. The Timing of Rehabilitation Commencement After Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, 2018.
- LUZO, M. V. M. et al. Ligamento cruzado anterior – Artigo de atualização. **Revista**

**Brasileira de Ortopedia**, v. 51, n. 4, p. 385–395, 2016.

MAFFIULETTI, N. A. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 2, p. 223–234, 2010.

MAFFIULETTI, N. A. et al. Clinical Use of Neuromuscular Electrical Stimulation for Neuromuscular Rehabilitation: What Are We Overlooking? **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 99, n. 4, p. 806–812, 2018.

MALL, N. A. et al. The Functional and Surgical Anatomy of the Anterior Cruciate Ligament. **Operative Techniques in Sports Medicine**, v. 21, n. 1, p. 2–9, 2013.

MALLINSON, J. E.; MURTON, A. J. Mechanisms responsible for disuse muscle atrophy: Potential role of protein provision and exercise as countermeasures. **Nutrition**, v. 29, n. 1, p. 22–28, 2013.

MANIAR, N. et al. Non-knee-spanning muscles contribute to tibiofemoral shear as well as valgus and rotational joint reaction moments during unanticipated sidestep cutting. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–10, 2018.

MANSKE, R. C.; PROHASKA, D.; LUCAS, B. Recent advances following anterior cruciate ligament reconstruction: Rehabilitation perspectives - Critical reviews in rehabilitation medicine. **Current Reviews in Musculoskeletal Medicine**, v. 5, n. 1, p. 59–71, 2012.

MENDIAS, C. L. et al. Changes in Circulating Biomarkers of Muscle Atrophy, Inflammation and Cartilage Turnover in Patients Undergoing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Rehabilitation. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 8, p. 1819–1826, 2013.

MEUNIER, S.; PIERROT-DESEILLIGNY, E.; SIMONETTA, M. Pattern of monosynaptic heteronymous Ia connections in the human lower limb. **Experimental Brain Research**, v. 96, n. 3, p. 534–544, 1993.

MONK, A. P. et al. Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries (Review). **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 4, 2016.

MORTON, R. W.; MCGLORY, C.; PHILLIPS, S. M. Nutritional interventions to augment resistance training-induced skeletal muscle hypertrophy. **Frontiers in Physiology**, v. 6, 2015.

NATSUME, T. et al. Effects of training intensity in electromyostimulation on human skeletal muscle. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 7, p. 1339–1347, 2018.

NEGAHBAN, H. et al. Gait & Posture Non-linear dynamical features of center of pressure extracted by recurrence quantification analysis in people with unilateral anterior cruciate ligament injury. **Gait & Posture**, v. 31, n. 4, p. 450–455, 2010.

NEITZEL, J. A.; KERNOZEK, T. W.; DAVIES, G. J. Loading response following anterior cruciate ligament reconstruction during the parallel squat exercise. **Clin Biomech (Bristol, Avon)**, v. 17, n. 7, p. 551–554, 2002.

NEMATOLLAHI, M. et al. The role of anterior cruciate ligament in the control of posture; possible neural contribution. **Neuroscience Letters**, v. 659, n. September, p. 120–123, 2017.

NIITSU, M. et al. Effects of combination of whey protein intake and rehabilitation on muscle strength and daily movements in patients with hip fracture in the early postoperative period. **Clinical Nutrition**, v. 35, n. 4, p. 943–949, 2016.

- NUSSBAUM, E. L. et al. Neuromuscular electrical stimulation for treatment of muscle impairment: Critical review and recommendations for clinical practice. **Physiotherapy Canada**, v. 69, n. 5, Special Issue, p. 1–76, 2017.
- OLIVEIRA, M. D. P. E et al. Resultados em curto prazo da reabilitação após cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior utilizando enxerto do tendão patelar contralateral. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 12, n. 1, p.29-35, 2014.
- OLIVEIRA, V. M. DE et al. Estudo da relação entre a espessura do ligamento cruzado anterior, os dados antropométricos e as medidas anatômicas do joelho. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 51, n. 2, p. 194–199, 2016.
- PATEL, K. A. et al. Anterior Cruciate Ligament Tunnel Placement Using the Pathfinder Guide. **Arthroscopy Techniques**, v. 6, n. 4, p. e1291–e1296, 2017.
- PATEL, S. Functional food relevance of whey protein: A review of recent findings and scopes ahead. **Journal of Functional Foods**, v.19, p. 308-319, 2015.
- PEREIRA, R. N. et al. Correlação entre dados antropométricos e comprimento e espessura dos tendões dos músculos semitendinoso e grácil usados como enxerto na reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 51, n. 1, p. 175–180, 2016.
- PETERSEN, W; TILLMANN, B. Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes. **Orthopäde**, v. 31, p. 710-718, 2002.
- PETERSON, J. R.; KRABAK, B. J. Anterior cruciate ligament injury. mechanisms of injury and strategies for injury prevention. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, v. 25, n. 4, p. 813–828, 2014.
- PIERROT-DESEILLIGNY, E. et al. Pattern of group I fibre projections from ankle flexor and extensor muscles in man. **Experimental Brain Research**, v. 42, n. 3–4, p. 337–350, 1981.
- REIDY, P. T. et al. Neuromuscular Electrical Stimulation Combined with Protein Ingestion Preserves Thigh Muscle Mass But Not Muscle Function in Healthy Older Adults During 5 Days of Bed Rest. **Rejuvenation Research**, v. 20, n. 6, p. 449-461, 2017.
- REIMAN, M. P.; ROGERS, M. E.; MANSKE, R. C. Interlimb Differences in Lower Extremity Bone Mineral Density Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 36, n. 11, p. 837–844, 2006
- ROOS, P. E.; BUTTON, K.; VAN DEURSEN, R. W. M. Motor control strategies during double leg squat following anterior cruciate ligament rupture and reconstruction: An observational study. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 11, n. 1, p. 1–8, 2014.
- RUDRAPPA, S. S. et al. Human Skeletal Muscle Disuse Atrophy : Effects on Muscle Protein Synthesis , Breakdown , and Insulin Resistance — A Qualitative Review. **Frontier in Physiology**, v. 7, n. August, p. 1–10, 2016.
- SAKA, T. Principles of postoperative anterior cruciate ligament rehabilitation. **World Journal of Orthopedics**. v.5, n. 4, p. 450-459, 2014.
- SALEM, G. J.; SALINAS, R.; HARDING, F. V. Bilateral kinematic and kinetic analysis of the squat exercise after anterior cruciate ligament reconstruction. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 84, n. 8, p. 1211–1216, 2003.
- SANTOS, R. L. DOS; SOUZA, M. L. S. P.; SANTOS, F. A. DOS. Estimulação elétrica

neuromuscular na disfunção patelofemoral. Revisão de literatura. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 52–58, 2013.

SCHOENFELD, B. J.; ARAGON, A. A.; KRIEGER, J. W. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: A meta-analysis. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 10, p. 1–13, 2013.

SINCLAIR, J.; TAYLOR, P. J.; BOTTOMS, L. The appropriateness of the helical axis technique and six available cardan sequences for the representation of 3-D lead leg kinematics during the fencing lunge. **Journal of Human Kinetics**, v. 37, n. 1, p. 7–15, 2013.

STINS, J. F. et al. Gait & Posture Sway regularity reflects attentional involvement in postural control : Effects of expertise , vision and cognition. v. 30, p. 106–109, 2009.

SVEN, F. et al. The Effectiveness of Supplementing a Standard Rehabilitation Program With Superimposed Neuromuscular Electrical Stimulation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A Prospective, Randomized, Single-Blind Study. **American Orthopaedic Society for Sports Medicine**, v. 39, n. 6, p. 1238-1246, 2011.

TEMPONI, E. F. et al. Lesão parcial do ligamento cruzado anterior : diagnóstico e tratamento. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 50, n. 1, p. 9–15, 2015.

TEVALD, M. A. et al. Hip abductor strength in people with knee osteoarthritis: A cross-sectional study of reliability and association with function. **Knee**, v. 23, n. 1, p. 57–62, 2016.

THEISEN, D. et al. Muscle activity onset prior to landing in patients after anterior cruciate ligament injury: A systematic review and meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 11, n. 5, p. 1–17, 2016.

THOMAS, A. C. et al. Lower extremity muscle strength after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. **Journal of Athletic Training**, v. 48, n. 5, p. 610–620, 2013.

THOMAS, A. C. et al. Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v.19, n.1, p.7-11, 2016.

TIMMINS, R. G. et al. Biceps Femoris Architecture and Strength in Athletes with a Previous Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 3, p. 337–345, 2016.

VAN MELICK, N. et al. Evidence-based clinical practice update: Practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 24, p. 1506–1515, 2016.

VANDERTHOMMEN, M.; DUCHATEAU, J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 35, n. 4, p. 180–185, 2007.

VINAGRE, G. et al. Hamstring graft preparation techniques for anterior cruciate ligament reconstruction. **Arthroscopy Techniques**, v. 6, n. 6, p. e2079–e2084, 2017.

WALL, B. T. et al. Neuromuscular electrical stimulation increases muscle protein synthesis in elderly type 2 diabetic men. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 303,n. 5, p. 614–623, 2012.

WEST, D. et al. Whey Protein Supplementation Enhances Whole Body Protein Metabolism and Performance Recovery after Resistance Exercise: A Double-Blind Crossover Study.

**Nutrients**, v. 9, n. 7, p. 735, 2017.

WHITEHEAD, T. S. Failure of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Clinics in Sports Medicine**, v. 32, n. 1, p. 177–204, 2013.

ZANGE, J. et al. Using the Hephaistos orthotic device to study countermeasure effectiveness of neuromuscular electrical stimulation & dietary lupin protein supplementation, a randomised controlled trial. **PLoS ONE**, v. 12, n. 2, p. 1–13, 2017.

ŽARGI G. T. et al. Factors predicting quadriceps femoris muscle atrophy during the first 12 weeks following anterior cruciate ligament reconstruction. **Knee**, v. 24, n. 2, p. 319–328, 2017.

ZWOLSKI, C. et al. The Influence of Quadriceps Strength Asymmetry on Patient-Reported Function at Time of Return to Sport after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **American Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 9, p. 2242–2249, 2015.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A- Termo De Consentimento Livre Esclarecido

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa – **Efeitos Da Suplementação Da *Whey Protein* Associada À Estimulação Elétrica Neuromuscular Do Quadríceps Femoral Após Reconstrução Do Ligamento Cruzado Anterior**, no caso de você concordar em participar, favor assinar ao final do documento.

Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador(a) ou com a instituição. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço do pesquisador(a) principal, podendo tirar dúvidas do projeto e de sua participação.

**TÍTULO DA PESQUISA:** Efeitos Da Suplementação Da *Whey Protein* Associada À Estimulação Elétrica Neuromuscular Do Quadríceps Femoral Após Reconstrução Do Ligamento Cruzado Anterior

**ENDEREÇO:** Av. Jovino Fernandes Sales, 2600; Bairro Santa Clara; CEP 37130-000; Alfenas/MG

**TELEFONE:** (35) 3701-1923

**PESQUISADORES PARTICIPANTES:** Leonardo César Carvalho; Giovane Galdino de Souza e Gabriela Otilia Mendonça.

**OBJETIVOS:** O estudo tem como objetivo avaliar a eficácia da estimulação elétrica neuromuscular do quadríceps associado a suplementação com *Whey Protein* em pacientes submetidos à reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior.

**JUSTIFICATIVA:** Os pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA apresentam diminuição da força muscular do quadríceps femoral, o que pode gerar complicações e prejudicar recuperação e o retorno à práticas esportivas e funcionais. É necessário abordagens que visem o ganho de força do quadríceps, uma maneira eficaz e segura de obter isso durante o pós-operatório imediato é a Estimulação elétrica neuromuscular. Além disso, para o processo de aumento de força muscular a nutrição é uma um fator essencial, pois pode oferecer a base proteica necessária para a síntese de proteína muscular. Sendo assim, esse projeto se justifica pro avaliar o efeito da suplementação com *Whey Protein* associado à estimulação elétrica neuromuscular do quadríceps femoral em pacientes submetidos à reconstrução do LCA.

**PROCEDIMENTOS DO ESTUDO:** Caso aceite participar desta pesquisa gostaríamos que soubesse que:

- Você deverá comparecer à Clínica de Fisioterapia da UNIFAL-MG para ser avaliado.
- Você deverá responder um questionário sobre dados pessoais, antropométricos e sobre o procedimento cirúrgico. Estas avaliações não envolvem nenhum risco à saúde e não interferem no seu tratamento.
- Você será avaliado quanto ao padrão de resposta muscular do quadríceps femoral, análise do movimento de miniagachamento, medida da espessura da coxa, glicemia, presença de mediadores de processo inflamatório e equilíbrio estático.
- Para avaliação da presença de mediadores inflamatórios será coletado 5ml de sangue e líquido sinovial. Essa etapa será realizada por um profissional capacitado e habilitado. A coleta será realizada em dois momentos distintos, pré-cirúrgica e após duas semanas do procedimento cirúrgico.
- Após a avaliação inicial e o procedimento cirúrgico, você será submetido à intervenção, realizada na Clínica de Fisioterapia da UNIFAL-MG, Unidade Santa Clara. As sessões serão realizadas três vezes por semana, com duração de duas semanas consecutivas, totalizando seis sessões. A pesquisa será composta por quatro grupos. Em um grupo, será realizado a estimulação elétrica neuromuscular do quadríceps femoral associado à *Whey Protein*, o outro irá realizar apenas a estimulação elétrica neuromuscular do quadríceps femoral; o terceiro grupo irá apenas realizar a suplementação com *Whey Protein*, e o quarto grupo não receberá intervenção nas duas primeiras semanas após o procedimento cirúrgico.

**RISCOS E DESCONFORTOS:** Informamos que podem acontecer riscos de dores musculares durante e após a avaliação devido à sua força muscular, assim caso haja qualquer sintoma de dor ou cansaço imediatamente os pesquisadores responsáveis. Pode apresentar aplicação da Corrente Elétrica, no entanto está será ajustada de acordo com sua sensibilidade. Para evitar interferência do sinal elétrico, antes de iniciar a avaliação será realizado tricotomia do local (raspagem do pêlo no local em que será inserido o eletrodo). Durante a coleta de sangue há possibilidade eventual de ocorrer uma formação de hematoma no local puncionado; por isso recomendamos que você não realize atividade de impacto no membro superior em que realizou a coleta de sangue por um intervalo de 30 minutos; se acaso, tal fenômeno ocorrer, deve proceder com compressas de gelo e água morna alternados.

Qualquer outra eventualidade que possa ser ocasionado devido à coleta de sangue, você será encaminhado a um dos profissionais médicos membros do estudo.

**BENEFÍCIOS:** você receberá avaliação e acompanhamento gratuito, irá obter possível melhora na força muscular do quadríceps femoral, e conseqüentemente uma reabilitação mais eficaz e segura. Após a participação na pesquisa, você será encaminhado para continuar o tratamento no Projeto Atleta Sem Dor, que será realizado Clínica de Fisioterapia da UNIFAL-MG.

**CUSTO/REEMBOLSO PARA O PARTICIPANTE:** não haverá nenhum gasto com sua participação, todos os procedimentos realizados e o fornecimento da *Whey Protein* serão totalmente gratuitos, e você não receberá nenhuma cobrança com o que será realizado. Você também não receberá nenhum pagamento com a sua participação. Você poderá desligar-se do estudo em qualquer momento e terá liberdade de retirar o seu consentimento em qualquer momento do estudo, o que não interferirá no atendimento realizado por esta instituição. Será mantido sigilo da sua identidade.

**CONFIDENCIALIDADE DA PESQUISA:** - Os dados coletados serão utilizados neste estudo e estarão disponíveis a cada voluntário em particular bem como aos pesquisadores e a entidade envolvida e, poderão ser divulgados para fins científicos, mantendo a identidade do participante preservada.

Eu, \_\_\_\_\_, declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado (a) pelo pesquisador – Leonardo César Carvalho – dos procedimentos que serão utilizados, riscos e desconfortos, benefícios, custo/reembolso dos participantes, confidencialidade da pesquisa, concordando ainda em participar da pesquisa.

Foi-me garantido que posso retirar o consentimento a qualquer momento, sem qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento. Declaro ainda que recebi uma cópia desse Termo de Consentimento.

Poderei consultar o pesquisador responsável (acima identificado) ou o CEP-UNIFAL-MG, com endereço na Universidade Federal de Alfenas, Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, Cep - 37130-000, Fone: (35) 3299-1318, no e-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br sempre que entender necessário obter informações ou esclarecimentos sobre o projeto de pesquisa e minha participação no mesmo.

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados.

Alfenas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
**Nome por extenso**

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

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.

Testemunhas:

1.

\_\_\_\_\_  
**Nome por extenso**

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

2.

\_\_\_\_\_  
**Nome por extenso**

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

## APÊNDICE B- Ficha de Avaliação

### Dados Pessoais:

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

Endereço: \_\_\_\_\_ Bairro: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_

Fone: \_\_\_\_\_ Cel: \_\_\_\_\_

Estado Civil: \_\_\_\_\_ Profissão-ocupação: \_\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

Peso (Primeira Avaliação): \_\_\_\_\_ Estatura: \_\_\_\_\_ IMC: \_\_\_\_\_

Peso (Segunda Avaliação): \_\_\_\_\_

Glicose (Pré Avaliação): \_\_\_\_\_

Glicose (Pós Avaliação): \_\_\_\_\_

Medicamentos utilizados antes da cirurgia (tempo, dose): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Medicamentos utilizados após a cirurgia: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Lesão Prévia (membro lesionado ou sadio): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Doenças associadas:

( ) Diabetes ( ) Doença Renal ( ) Intolerância à Lactose ( ) Outras: \_\_\_\_\_

### Avaliação de Força Muscular:

MOVIMENTO	LESADO	SADIO	OPERADO	SADIO
Flexão Quadril				
Extensão Quadril				
Abdução				
Adução				
Rotação Medial				
Rotação Lateral				
Flexão Joelho				
Extensão Joelho				

### Testes especiais:

TESTES	RESULTADO
Gaveta Anterior	
Lachman	
Apley de Compressão	
Estresse em Valgo	

Estresse em Varo	
------------------	--

**PERIMETRIA:**(1) **Data:**

<u>LESADO ou OPERADO</u>	Referência: Base da Patela	<u>SADIO</u>
	<b>0 cm</b> ↑	
	<b>3 cm</b> ↑	
	<b>6 cm</b> ↑	
	<b>9 cm</b> ↑	
	<b>12 cm</b> ↑	
	<b>15 cm</b> ↑	
	<b>18 cm</b> ↑	
	<b>21 cm</b> ↑	
	<b>24 cm</b> ↑	
	<b>27 cm</b> ↑	
	<b>30 cm</b> ↑	

(2) **Data:**

<u>LESADO ou OPERADO</u>	Referência: Base da Patela	<u>SADIO</u>
	<b>0 cm</b> ↑	
	<b>3 cm</b> ↑	
	<b>6 cm</b> ↑	
	<b>9 cm</b> ↑	
	<b>12 cm</b> ↑	
	<b>15 cm</b> ↑	
	<b>18 cm</b> ↑	
	<b>21 cm</b> ↑	
	<b>24 cm</b> ↑	
	<b>27 cm</b> ↑	
	<b>30 cm</b> ↑	

**Observação:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ANEXO**

## ANEXO A- Parecer Consubstancial do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO  
CEP**

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** EFEITOS DO WHEY PROTEIN ASSOCIADA À ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR DO QUADRÍCEPS FEMORAL APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

**Pesquisador:** Leonardo César Carvalho

Área Temática:

**Versão:** 2

**CAAE:** 62064416.0.0000.5142

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.940.399

Apresentação do Projeto:

Projeto de Mestrado

O projeto fala sobre o tratamento fisioterapêutico da lesão do cruzado anterior através da reabilitação com corrente russa e a utilização do *Whey Protein*

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral

Investigar o efeito do *Whey Protein* associado à eletroestimulação na contratilidade e trofismo do quadríceps femoral em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA.

Objetivos Específicos

Avaliar a atividade eletromiográfica dos músculos reto , vasto lateral e vasto medial, os quais compõe o quadríceps femoral, antes e após reconstrução do LCA dos pacientes submetidos a eletroestimulação russa associado ou não a suplementação com Whey Protein;

Avaliar os efeitos da suplementação do *Whey Protein* na perimetria da coxa, força muscular e atividade contrátil dos músculos reto da coxa, vasto lateral e vasto intermédio após reconstrução do LCA;

Avaliar o efeito da Corrente Russa na força e atividade contrátil dos músculos reto da coxa, vasto lateral e vasto intermédio após protocolo de eletroestimulação;

- Avaliar a cinemática de membros inferiores dos pacientes após a cirurgia de reconstrução de LCA.
- Avaliar o centro de gravidade em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA.
- Avaliar as citocinas séricas dos pacientes pelo líquido sinovial e teste de ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay): IL-2, IFN-, TNF-, IL-4, IL-10, IL-1, IL-6, IL-8, IL-12, IL-17, IL-21, IL-23 e IL-32 e TGFe sua relação com o uso da eletroestimulação e o Whey Protein.

a. Objetivos claros e definido

b. Coerência

Exequíveis

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos de dores musculares durante e após a avaliação devido à sua força muscular, assim caso haja qualquer sintoma de dor ou cansaço imediatamente os pesquisadores responsáveis. Pode apresentar dor com aplicação da Corrente Elétrica, no entanto está será ajustada de acordo com sua sensibilidade.

Raspagem do pelo

Hematoma no local puncionado após a coleta de sangue, recomenda não realizar atividade de impacto no membro superior em que realizou a coleta de sangue por um intervalo de 30 minutos; se acaso, tal fenômeno ocorrer, deve proceder com compressas de gelo e água morna alternados. Qualquer outra eventualidade que possa ser ocasionado devido à coleta de sangue, você será encaminhado a um dos profissionais médicos membros do estudo.

b. Benefícios:

Apresenta os benefícios somente no termo de consentimento e não apresenta no projeto.

Avaliação e acompanhamento gratuito,

Irá obter possível melhora na força muscular do quadríceps femoral, e conseqüentemente uma reabilitação mais eficaz e segura.

Após a participação na pesquisa, você será encaminhado para continuar o tratamento no Projeto Atleta Sem Dor, que será realizado Clínica de Fisioterapia da UNIFAL-MG.

a. Apresentou os risco corretamente e uma correta ação para minimiza-lo e os benefícios

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Metodologia da pesquisa – está adequada. Apresenta critério de inclusão e exclusão, apresenta os métodos de avaliação (exame físico, EMGS, avaliação cinemática, avaliação do equilíbrio estático, coleta sanguínea, análise glicêmica), procedimento do estudo e análise estatística.

Referencial teórico da pesquisa – está atualizado, suficiente para aquilo que se propõe.

Cronograma de execução da pesquisa – Presente e adequado no projeto e na plataforma.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Termos obrigatórios do projeto:

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE): Presente e adequado

Termo de Assentimento (TA): não se aplica

Termo de Assentimento Esclarecido (TAE): não se aplica

Termo de Compromisso para Utilização de Dados e Prontuários (TCUD): não se aplica

Termo de Anuência Institucional (TAI): presente e adequado

Folha de rosto: presente e adequado

Projeto de pesquisa completo e detalhado: presente e adequado

Recomendações: não há

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovação

Considerações Finais a critério do CEP:

O Colegiado do CEP acata o parecer do relator.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_753039.pdf	27/01/2017 11:06:49		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	Projeto_Detalhado_1.pdf	27/01/2017 11:05:15	Leonardo César Carvalho	Aceito

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700

**CEP:** 37.130-000

**UF:** MG **Município:** ALFENAS

(35)3299-1318

**Fax:** (35)3299-1318

**E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br