



PEDRO ARAÚJO DE OLIVEIRA SOUSA

**COMPARAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA E DA FORÇA  
DOS MÚSCULOS FLEXORES DO JOELHO EM  
DIFERENTES ÂNGULOS DE FLEXÃO DE JOELHO**

LAVRAS – MG

2019

PEDRO ARAÚJO DE OLIVEIRA SOUSA

COMPARAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA E DA FORÇA DOS MÚSCULOS  
FLEXORES DO JOELHO EM DIFERENTES ÂNGULOS DE FLEXÃO DE  
JOELHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado á  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Graduação em Educação  
Física, para obtenção do título de Bacharel.

DOUTOR SANDRO FERNANDES DA SILVA

Orientador(a)

LAVRAS – MG

2019

PEDRO ARAÚJO DE OLIVEIRA SOUSA

COMPARAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA E DA FORÇA DOS MÚSCULOS  
FLEXORES DO JOELHO EM DIFERENTES ÂNGULOS DE FLEXÃO DE  
JOELHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado á  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Graduação em Educação  
Física, para a obtenção do título de Bacharel.

Banca Examinadora

DR. SANDRO FERNANDES DA SILVA - UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
LAVRAS

WESLEY MARÇAL SANTOS - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS  
GERAIS - MEMBRO DO GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM  
RESPOSTAS NEUROMUSCULARES

Orientador (a)

DR. SANDRO FERNANDES DA SILVA - UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
LAVRAS

LAVRAS - MG

2019

## AGRADECIMENTOS

Agradeço de todo coração aos meus pais, Sebastião e Luiza, os quais nunca mediram esforços para investir na minha educação, quero que saibam que tudo o que faço é para transmitir para vocês toda a gratidão que sinto por vocês, meu muito obrigado, vocês foram e serão para sempre meus exemplos.

Agradeço aos meus irmãos Tiago e Lucas, que em muitos momentos foram como um pai para mim e sempre estiveram ao meu lado, saber que caso necessitasse eu poderia contar com vocês foi fundamental.

Agradeço ao meu tio Magela, por me tratar como um filho, seu exemplo de paciência e educação foram uma luz que me guiaram para ser uma pessoa melhor. Às minhas tias Dorinha, Carminha e Pia, o carinho de vocês me deu forças para ir além.

Agradeço ao meu grande amigo, professor e tutor Sandro, saiba que o seu exemplo de professor, que não mede esforços para apoiar um aluno, eu levarei para sempre comigo, e se algum momento tiver o privilégio de ser professor, vou fazer de tudo para que os meus alunos me admirem como eu te admiro, não só como profissional, mas como a grande pessoa que é, muito obrigado, você me formou e educou como acadêmico.

Agradeço aos meus amigos que tiveram comigo e fizeram essa caminhada da graduação ser mais leve, com vocês eu vou até o final.

## RESUMO

A Eletromiografia (EMG) é um instrumento de medida que possibilita o registro e a análise da atividade eletromiográfica de diversos grupos musculares, essa análise a partir do sinal eletromiográfico, que o método de demonstrar através de gráficos a atividade elétrica do músculo, contribui para o melhor entendimento da musculatura utilizada em determinado exercício, possibilitando assim a melhor prescrição do treinamento. Dentre os diferentes tipos de treinamento, o Treinamento de Força se destaca pela grande popularidade, a qual, contribui para o aumento do número de locais e profissionais envolvidos com o mesmo, ocorrendo assim o aumento de número de academias e o maior envolvimento dos profissionais responsáveis pela prescrição e acompanhamento do treino. Considerando que o Treinamento de Força possui diversos benefícios para seus praticantes, como por exemplo, aumento da massa magra, aumento da força, melhora do condicionamento físico e diminuição da gordura corporal, esses benefícios serão melhor alcançados com a elaboração apropriada do programa de treinamento, o qual pode-se controlar diferentes variáveis como a ordem do exercício, a intensidade, o volume da carga, até o intervalo entre as séries. Dentre o Treinamento de Força, ocorre diferentes manifestações da mesma, a contração isométrica, aquela onde não apresenta movimentação articular aparente, pode ser utilizado como meio de variação dentro da elaboração do treinamento. Tendo na Contração Voluntária Isométrica Máxima uma das mais utilizadas, sendo essa, bastante comum no meio acadêmico para a avaliação da força. Como resultados dessa pesquisa foi observado maiores valores de CVIM com  $0^\circ$  quando comparado a  $45^\circ$  de flexão do joelho. Em questão da atividade eletromiográfica, dos músculos Bíceps Femoral (BF), Semimembranoso (SM), Gastrocnêmio Lateral (GL) e Gastrocnêmio Medial (GM), com exceção do GL todos os demais apresentaram maior ativação em  $0^\circ$  do que  $45^\circ$ . Conclui-se com

esse estudo que o indivíduo quando apoiado na perna não dominante, produz mais força a  $0^\circ$  quando comparado a  $45^\circ$ , podendo o equilíbrio ser determinante nesse achado.

**Palavras-chave:** Eletromiografia. Treinamento de Força. Contração Voluntária Isométrica Máxima.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Desenho experimental do estudo.....	20
Gráfico 1 - Comparação da CVIM nas diferentes angulações, 0° e 45° .....	21
Gráfico 2 - Comparação da CVIP nas diferentes angulações, 0° e 45° .....	22
Gráfico 3 - Comparação da ativação eletromiográfica entre diferentes ângulos .....	23
Gráfico 4 - Comparação da ativação eletromiográfica entre diferentes ângulos .....	24
Gráfico 5 - Comparação da ativação eletromiográfica entre diferentes ângulos .....	25
Gráfico 6 - Comparação da ativação eletromiográfica entre diferentes ângulos .....	26

## **LISTA DE SIGLAS**

EMG – Eletromiografia

CVIM – Contração Voluntária Isométrica Máxima

CVIP – Contração Voluntária Isométrica Pico

TF – Treinamento de Força

BF – Bíceps Femoral

SM – Semimembranoso

GL – Gastrocnêmio Lateral

GM – Gastrocnêmio Medial

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

kgF - Quilograma-força

$\mu$ V - Microvolts

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da amostra .....	17
Tabela 2 - Valores (em kgF) da CVIM média .....	22
Tabela 3 - Valores (em kgF) da CVIM pico .....	23
Tabela 4 - Valores (em $\mu$ V) da ativação eletromiográfica .....	24
Tabela 5 - Valores (em $\mu$ V) da ativação eletromiográfica .....	25
Tabela 6 - Valores (em $\mu$ V) da ativação eletromiográfica .....	26
Tabela 7 - Valores (em $\mu$ V) da ativação eletromiográfica .....	26

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Problemática do Estudo.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Hipótese .....</b>	<b>9</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1. Geral.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2. Específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>4. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>16</b>
<b>5. METODOLOGIA .....</b>	<b>16</b>
<b>5.1. Tipo de Pesquisa .....</b>	<b>16</b>
<b>5.2. População do Estudo .....</b>	<b>16</b>
<b>5.3. Instrumentos e Procedimentos de Coleta de Dados .....</b>	<b>17</b>
<b>5.3.1. Medidas Antropométricas.....</b>	<b>18</b>
<b>5.3.2. Contração Voluntária Isométrica Máxima .....</b>	<b>18</b>
<b>5.3.3. Atividade Eletromiográfica .....</b>	<b>19</b>
<b>5.4. Análise dos Dados Coletados .....</b>	<b>20</b>
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
<b>7. DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Powers; Howley (2014) os exercícios de treinamento de força podem ser classificados em três categorias: isométricos ou estáticos, dinâmicos ou isotônicos, esses por sua vez, envolvem exercício de resistência variável, e os isocinéticos.

Dentre as diversas manifestações da força muscular, encontramos a força isométrica, onde de acordo com Fleck e Kraemer (2017), o treinamento da mesma ocorre quando não há alteração no comprimento total do músculo, sendo assim não há movimento articular visível das articulações envolvidas nos músculos ativados contração isométrica.

Segundo Kraemer e Ratamess (2004), uma das melhores alternativas para a conquista dos objetivos almejados com o treinamento de força, trata-se do melhor planejamento da periodização. Para o melhor efeito desse programa de treino diferentes variáveis podem ser controladas, como por exemplo, a frequência do treino, intensidade, volume da carga utilizada, passando também pelos exercícios que serão utilizados e a ordem na qual os mesmos serão executados. Na procura por melhores resultados pelo meio do treinamento de força, faz-se necessário o conhecimento á respeito do posicionamento corporal envolvendo cada exercício, objetivando assim, o entendimento á respeito de quais músculos serão trabalhados em determinado exercício, podendo fazer a comparação entre exercícios e chegar a compreensão do qual melhor a ser utilizado para um objetivo específico.

Somado a isso, a eletromiografia torna possível fazer a identificação de prováveis diferenças de atividade eletromiográfica entre os músculos em determinados exercícios, tal fato, é essencial em um programa de reabilitação e na procura pelo melhor rendimento por parte dos atletas (WIKSTROM et al., 2006). Levando em consideração as informações

apresentadas, a presente pesquisa tem como objetivo fazer a comparação de diferentes angulações da flexão do joelho, afim de entender como cada angulação interfere nas respostas neuromusculares, no caso tratado foi avaliado a atividade eletromiográfica dos seguintes músculos: Bíceps Femoral, Semimembranoso, Gastrocnêmio Lateral e por fim o Gastrocnêmio Medial. Também foi comparada a produção de força através da Contração Voluntária Isométrica Máxima entre as angulações de 0° e 45°.

### **1.1. Problemática do Estudo**

A Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) em diferentes ângulos de flexão do joelho, mudam as respostas neuromusculares?

### **1.2. Hipótese**

A flexão de joelhos quando realizada a 45° provoca maior pico de torque e conseqüentemente maior EMG, quando comparado a diferente ângulo de flexão do joelho, no caso tratado 0°.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 TREINAMENTO DE FORÇA**

O treinamento resistido, também conhecido como treinamento de força ou com pesos, tornou-se uma das formas mais populares de exercício para melhorar a aptidão física e para o condicionamento de atletas (FLECK; KRAEMER, 2017).

Diferentes nomenclaturas são utilizadas ao se tratar de um dos exercícios mais populares na atualidade, seja treinamento de força, treinamento resistido ou treinamento com pesos, tais tratam do treinamento físico com a utilização de uma sobrecarga, o mesmo data desde antigos relatos da sua utilização, seja no âmbito esportivo por atletas, até as salas de musculação, onde esse treinamento de força pode ser utilizado para o desenvolvimento da força com objetivos diversos. Uma vez que esse treinamento possui diversos objetivos, como a melhora do condicionamento físico, aumento da massa magra e aumento da força, sendo assim, o mesmo possui diferentes métodos e meios para alcançar o objetivo proposto, com o resultado esperado (FLECK; KRAEMER, 2017).

Com a crescente preocupação com o condicionamento físico, segundo Fleck; Kraemer (2017), o número de salas de treino resistido, seja em academias, escolas de ensino médio e em universidades vem crescendo, uma vez que, a população que procura pelo treinamento resistido, espera benefícios à saúde e aptidão física, onde uma grande parte daqueles que procuram pelo treinamento de força, pertence a parte da população que não são atletas, visando uma melhor saúde. Já no grupo da população de atletas, é rotineira a busca pela melhora ou manutenção da aptidão física por parte dos treinadores que trabalham com atletas. Demais benefícios são observados quando o programa de treinamento é bem planejado, como por exemplo, aumento da força, aumento da massa magra e diminuição da gordura corporal.

Segundo Powers; Howley (2014) os exercícios de treinamento de força podem ser classificados em três categorias: isométricos ou estáticos, dinâmicos ou isotônicos, esses por sua vez, envolvem exercício de resistência variável, e os isocinéticos.

A utilização de uma ação isolada pode ser interessante quando esta estratégia representar uma especificidade significativa com o gesto

esportivo em questão. Por exemplo, para o treinamento do salto vertical para o bloqueio no vôlei de areia, dada a característica do piso, a força necessária para o salto vertical virá fundamentalmente dos componentes contráteis do músculo esquelético, já que a velocidade de transição entre a flexão e extensão dos joelhos é diminuída, fazendo com que a ação concêntrica deva ser enfatizada durante o treinamento (TILP, WAGNER & MULLER, 2008).

A ação excêntrica, por sua vez, é sabidamente mais eficiente na indução dos ganhos de massa muscular (HIGBIE, CURETON, WARREN & PRIOR, 1996). Desta forma, pode-se optar por usar exercícios puramente excêntricos, ou de se enfatizar a ação excêntrica durante um dado exercício a fim de se aumentar a tensão na musculatura, induzindo maior ganho de hipertrofia. A combinação de ambas as ações musculares é, contudo, o método mais comumente utilizado, contemplando ambos os benefícios.

Tendo em vista os diferentes benefícios acima citados, existem diversas maneiras da manutenção ou melhoria dos mesmos, haja vista que, de acordo com Fleck e Kraemer (2017), existem diversos modos de se treinar a força, dentre esses, isocinético, resistência variável e isométrico.

## **2.2 CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA ISOMÉTRICA MÁXIMA**

Dentre as diversas manifestações da força muscular, encontramos a força isométrica, onde de acordo com Fleck e Kraemer (2017), o treinamento da mesma ocorre quando não há alteração no comprimento total do músculo, sendo assim não há movimento articular visível das articulações envolvidas nos músculos ativados contração isométrica.

Os exercícios isométricos chamaram a atenção do público norte-americano no início da década de 1950, quando Steinhaus (1954) introduziu o trabalho de dois alemães, Hettinger e Muller (1953). Esse dois

autores concluíram que ganhos em força isométrica de 5% por semana foram produzidos por uma ação isométrica diária a 66% da força isométrica máxima sustentada durante 6 segundos. Ganhos de força dessa magnitude, com pouco tempo de treinamento e esforço, parecem inacreditáveis. Uma revisão acadêmica posterior chegou a conclusão que o treinamento isométrico provoca ganhos de força estática que podem ser substanciais e variáveis ao longo de períodos de treinamento de curta duração de acordo com Fleck e Schutt (1985).

Para a mensuração da força isométrica, são necessários equipamentos que permitam os testes dos grupos musculares específicos para o esporte, no qual, enquanto o atleta gera força isométrica máxima, o tensiômetro (dispositivo de mensuração de tensão) computadorizado mensura a força gerada, sendo que esse dado é registrado e demonstrado em um painel eletrônico do aparelho. Geralmente, a mensuração da força isométrica é realizada em diferentes ângulos articulares. Em geral, o teste isométrico para cada ângulo articular consiste em dois ou mais testes de contrações máximas, com duração de aproximadamente cinco segundos, uma vez que, a melhor dessas tentativas é registrada e exibida em um painel eletrônico no próprio instrumento (POWERS & HOWLEY, 2014).

### **2.3 ELETROMIOGRAFIA**

Segundo Kraemer e Ratamess (2004), para a conquista dos objetivos traçados com o programa de treinamento, o mesmo deve ser corretamente elaborado. Para o melhor resultado da periodização do treinamento diferentes variáveis devem ser muito bem observadas, entre elas, a intensidade do treino, volume da carga, a frequência com que a atleta realiza o treino, os diferentes tipos de exercícios o intervalo entre eles e a ordem na qual os mesmos

serão executados. Na procura por treinamentos que sejam mais eficientes é de grande importância o conhecimento a respeito do quanto diferente musculatura será trabalhada em diferentes exercícios e fazer a comparação entre diferentes músculos em um mesmo exercício, fazendo possível assim o melhor planejamento do programa de treinamento.

A eletromiografia, como mecanismo de medição do movimento humano, vem sendo amplamente empregada nos últimos anos com diversos objetivos, entre eles verificar a especificidade e eficiência de diferentes maneiras de treinos, sejam os mesmos voltados para o rendimento ou reabilitação de lesões (GONÇALVES, 2006).

Somado a isso, é possível, pela utilização da eletromiografia, identificar alterações que podem ocorrer e desequilíbrios entre músculos em diferentes exercícios, tal fato se torna determinante na área da reabilitação e na busca de atletas pela obtenção da melhor performance (WIKSTROM et al., 2006).

Entre as pesquisas que possuem como objetivo analisar a atividade eletromiográfica, tornando possível o monitoramento da ação dos músculos isquiotibiais como agonistas da flexão do joelho notam-se os quais tiveram como objetivos: descobrir a ativação muscular em diversos exercícios realizados (BOMPA; CORNACCHIA, 2000), de interligar essa informação com diversos ângulos articulares (LUNNEN; YACK; LEVEAU, 1981) de observar dentro do programa de treinamento de força os exercícios que são utilizados (LIMA; PINTO, 2006) de estabelecer relação com o torque articular (LUNNEN; YACK; LEVEAU, 1981; RODRIGUES et al., 2007) e fazer a análise a diferença de ativação entre a musculatura agonista e antagonista (MESFAR; SHIRAZI-ADL, 2006; MILLER; CROCE; HUTCHINS, 2000; KELLIS; BALZPOULOS, 1999). Levando em consideração o quanto é importante o melhor entendimento a respeito da ativação muscular, tanto para programas de

reabilitação quanto para programas de treinamento visando a performance de atletas, é por meio desse entendimento que será possível que o melhor exercício seja prescrito no período correto da periodização. Dentro desse programa de treinamento, é comum a utilização de resistências, que pode ser feita com o uso de pesos livres ou aparelhos de musculação.

A eletromiografia de superfície é um recurso técnico desenvolvido com o intuito de registrar e fazer a avaliação da atividade eletromiográfica gerada pela contração de músculos estriados esqueléticos. Pelo intermédio do registro eletromiográfico é possível inferir sobre as variações de polarização das membranas das fibras musculares, localizadas entre os eletrodos de registro e mensurar a atividade muscular em uma determinada tarefa ou postura (CHRISTIE et al., 2009).

O sinal eletromiográfico é a representação gráfica da atividade elétrica das fibras musculares, simulando a medida dos potenciais de ação do sarcolema, na unidade de voltagem em função do tempo (DE LUCA, 1993).

O teste eletromiográfico é uma forma de coleta de dados que permite a visualização da função muscular, podendo auxiliar os profissionais da saúde e pesquisadores a identificar relações entre alterações musculares e deficiências físicas (STEGEMAN et al., 2000; NAKAZAWA et al., 2004; KONRAD, 2005; DROST et al., 2006).

Existem dois tipos de eletrodos para captar o sinal da atividade muscular: eletrodos intramusculares e eletrodos de superfície. Eletrodos intramusculares são normalmente agulhas inseridas no músculo de tal forma que os sinais podem ser registrados diretamente. Apesar desse método tratado ser invasivo, o mesmo, pode medir o potencial de um músculo profundo e é pouco interferido pelo *crossstalk*, que é a atividade elétrica de musculaturas próximas ao músculo que deseja analisar interferindo no sinal registrado. Em

contrapartida, a EMG com eletrodos de superfície, os mesmos são posicionados sobre a pele que cobre o músculo que deseja avaliar, dessa maneira, é medida sua atividade elétrica de forma indireta. Eletrodos de superfície captam simultaneamente a partir de vários músculos potenciais (diafonia), sendo assim, os mesmos não são considerados ideais para a avaliação da atividade eletromiográfica de músculos profundos (OKUBO et al., 2010).

A EMG com eletrodos de superfície, é de fácil aplicação e aceitação do participante, porém exige atenção quanto à metodologia da execução das coletas do sinal e ajustes dos parâmetros, como por exemplo, tipo de eletrodos, frequência de amostragem, filtragem e amplificação do sinal. Haja visto que é sugerido a utilização das diretrizes da *International Society of Electrophysiology and Kinesiology – ISEK* e as recomendações do Projeto *Surface Electromyography for the Non-invasive Assessment of Muscles – SENIAM* (SENIAM, 2013).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Geral**

Avaliar EMG dos músculos flexores do joelho, e comparar a CVIM em diferentes ângulos de flexão do joelho.

#### **3.2. Específicos**

Comparar a EMG dos músculos flexores do joelho em diferentes ângulos de flexão de joelho na CVIM, 0° e 45°.

Comparar a CVIM das diferentes angulações.

Identificar o pico de força nos diferentes ângulos.

Identificar se diferentes ângulos interferem na ativação EMG dos seguintes músculos: Bíceps Femoral; Semimembranoso; Gastrocnêmio Lateral e Gastrocnêmio Medial.

#### **4. JUSTIFICATIVA**

Pesquise diferentes ângulos de flexão de joelho, a fim de encontrar alguma informação que possa me levar à resposta da melhor amplitude a ser trabalhada, em diferentes objetivos. Acreditando que essa informação irá contribuir tanto para o meio acadêmico, quanto ao profissional, que na prática orienta seus alunos ou atletas a realizarem a flexão do joelho, como por exemplo, do chute do Futebol, do salto no Voleibol, da saída de bloco, seja na Natação ou no Atletismo, justifica se assim a necessidade de identificar os principais ângulos de contração, para assim desenvolver a força nas musculaturas específicas que são requisitadas em determinados movimentos específicos em modalidades esportivas.

#### **5. METODOLOGIA**

##### **5.1. Tipo de Pesquisa**

Pesquisa exploratória quantitativa.

##### **5.2. População do Estudo**

Participaram do estudo, universitários fisicamente ativos do sexo masculino, sem restrições ósseas ou articulares, que possuíam prática com

treinamento resistivo. Todos os participantes foram informados á respeito dos procedimentos realizados no estudo, do objetivo do mesmo e riscos esperados, em seguida leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) previamente á pesquisa.

Tabela 1- Caracterização da amostra.

<b>N</b>	<b>IDADE</b>	<b>PESO(kg)</b>	<b>%G</b>
<b>12</b>	<b>23,25 ± 3,11</b>	<b>74,31 ± 18,31</b>	<b>7,58 ± 2,46</b>

Fonte: Do autor (2019).

Critérios de inclusão: Homens com experiência prévia de no mínimo um ano em treinamento resistivo, sem restrições ósseas ou articulares.

Critérios de exclusão: Ocorrência de lesão durante a coleta e ou incapacidade de realizar a metodologia.

### **5.3. Instrumentos e Procedimentos de Coleta de Dados**

Inicialmente foi explicado aos voluntários todo o procedimento da coleta, em seguida foi cedido a cada participante o TCLE, posterior a esse momento, foi mensurado variáveis antropométricas, são cujas: estatura, massa corporal e percentual de gordura. Após a mensuração das variáveis antropométricas os sujeitos foram esclarecidos á respeito da metodologia do estudo. Foi realizada a tricotomia e a limpeza com algodão umedecido em álcool no local designado para a colocação dos eletrodos da EMG. Seguidamente os participantes foram acompanhados até a academia da Universidade Federal de Lavras, na qual foi realizada quatro coletas, duas para a

Contração Voluntária Isométrica Máxima e duas para a Eletromiografia, variando o ângulo de flexão do joelho, 0° e 45°, para a determinação da angulação foi utilizado um goniômetro. Toda a coleta se sucedeu em um dia de visita e os participantes foram separados por duplas, onde cada dupla iniciava a coleta com determinada angulação de flexão do joelho, a qual, se alternou de dupla em dupla.

### **5.3.1. Medidas Antropométricas**

Para avaliar a estatura dos participantes foi utilizado um estadiômetro compacto tipo trena da marca *Sanny*® fixado á parede, com haste de medição de 175mm de comprimento, possuindo uma faixa de medição de 0 a 210 centímetros. Para a mensuração da massa corporal foi utilizado uma balança digital antropométrica da marca *Lider*®, montagem em aço inoxidável, com piso de pesagem em borracha antiderrapante e sistema de leitura através de terminal indicador com acabamento em aço inoxidável. Para a estimativa percentual de gordura através da ultrassonografia utilizou-se um equipamento de ultrassom portátil *Bodymetrix*® conectado a um microcomputador contendo o software *BodyView*®, foi utilizado o protocolo de Jackson&Pollock de três dobras cutâneas, sendo elas, Coxa, Peito e Abdominal.

### **5.3.2. Contração Voluntária Isométrica Máxima**

Para avaliar a Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM), foi utilizada a cadeira extensora (*Physicus*® - Brasil), onde os participantes ficavam em pé e realizavam a flexão do joelho, utilizando a perna dominante dos mesmos. Durante o decorrer das avaliações, os participantes foram estimulados com encorajamento verbal, com o intuito dos sujeitos

produzirem a maior força possível. As avaliações foram constituídas de duas séries de dez segundos em isometria máxima, uma série para cada angulação do joelho. Para avaliar a CVIM foi utilizado o Eletromiógrafo Miotool 400 (Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda, POA, Brasil®), com uma célula de carga de capacidade de 500 kgf. A fixação da célula de carga, em posição perpendicular ao chão, foi realizada através de uma corrente, ajustada de acordo com a angulação da flexão do joelho desejada, ora 0°, ora 45°. Para a análise da CVIM, foi utilizado o valor médio e pico, valores esses analisados durante dez segundos, sendo feito um recorte de oito segundos, no qual, foi desconsiderado o primeiro e o último segundo. Foi realizada uma coleta prévia em cada angulação para normalização dos dados.

### **5.3.3. Atividade Eletromiográfica**

Com o intuito de mensurar a atividade eletromiográfica foi realizada a tricotomia e a higienização do local da fixação dos eletrodos com álcool etílico hidratado a 65%, foram avaliados os seguintes músculos: Bíceps Femoral, Semimembranoso, Gastrocnêmio Medial e Gastrocnêmio Lateral. Como ponto de referência foi utilizado o Maléolo Medial da Tíbia. Para a coleta de dados foi utilizado o eletromiógrafo Miotool 400 (Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda, POA, Brasil®), com 4 canais de entrada, 14 bits de resolução e uma taxa de aquisição por cada canal de 2.000 amostras/s, com um sensor de SDS-500 com ganho máximo de 1000 vezes. Os eletrodos usados foram da marca 3M® e todos os canais do eletromiógrafo foram devidamente calibrados antes da coleta. Os participantes realizaram duas séries de dez segundos, uma para cada respectiva angulação da flexão do joelho, 0° e 45°. Para a análise da EMG, os sinais foram filtrados utilizando um filtro *Butterworth* de 5ª ordem, do tipo passa-banda, com frequência de corte de 20-500Hz, para a eliminação de

possíveis picos de sinais. Assim, determinou-se o valor médio e máximo das ativações, utilizando o valor medio da raiz quadrada (RMS). O software Miograph 2.0 Alpha 9 Build 5 foi utilizado para a análise e processamento dos dados. Foi realizada uma coleta prévia em cada angulação para normalização dos dados.

#### **5.4. Análise dos Dados Coletados**

Para a análise de todas as variáveis obtidas foi utilizada a estatística descritiva com a determinação de média e do desvio padrão, como medidas de tendência central e dispersão dos dados. Para a análise foi utilizado Post Hock de Tuckey para fazer a comparação dos músculos pesquisados em cada angulação. Na comparação entre 0° e 45° da Contração Voluntária Isométrica Máxima foi utilizado o teste T para amostras pareadas,  $P < 0,05$ .

#### **5.5. Desenho Experimental**

Figura 1- Desenho experimental do estudo.

TCLE
Medidas Antropométricas
Tricotomia
CVIM 0°
1' Intervalo
CVIM 45°
1'' Intervalo
EMG 0°
1' Intervalo
EMG 45°

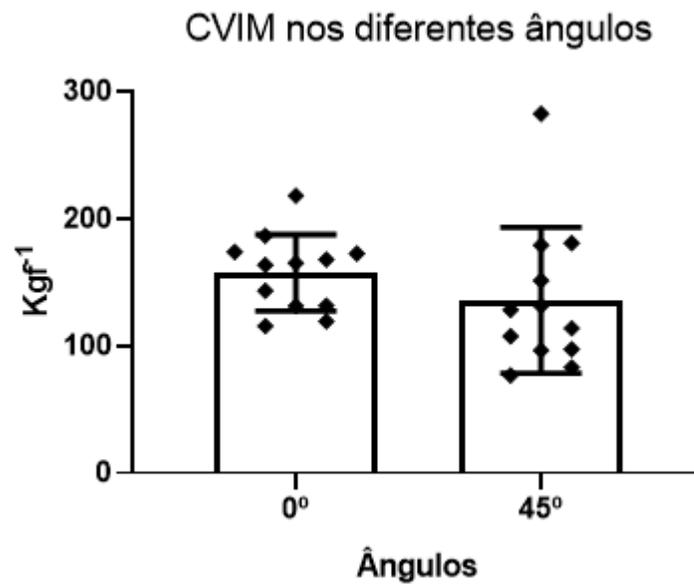
Fonte: Do autor (2019).

## 6. RESULTADOS

Nos gráficos e tabelas a seguir são demonstrados os valores de comparação entre os ângulos de 0° e 45°, sendo eles, CVIM média, CVIP, atividade eletromiográfica dos seguintes músculos Bíceps Femoral, Semimembranoso, Gastrocnêmio Lateral e Gastrocnêmio Medial.

No que se trata da CVIM média observamos maior valor de kgF com o joelho a 0° do que a 45°, sendo essa diferença de -13,76% quando comparamos as duas angulações.

Gráfico 1 – Comparação da CVIM nas diferentes angulações, 0° e 45°.



Legenda: kgF = Quilograma-força. CVIM = Contração Voluntária Isométrica Média.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 2 – Valores (em kgF) da CVIM média.

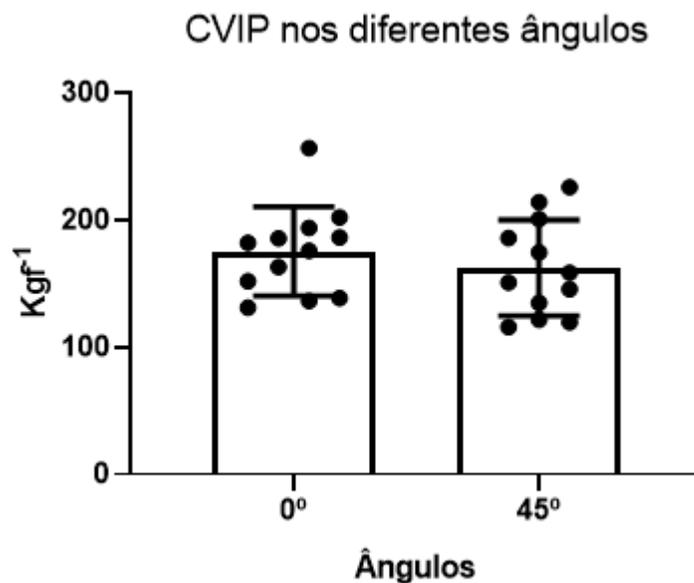
Ângulo	CVIM (kgF)	Valor de P
0°	157,43 ± 30,11	0,26
45°	135,78 ± 57,45	
Diferença 0° a 45 °	-13,76%	

Fonte: Do autor (2019).

Quando visualizado a CVIM pico, notamos maior valor de kgF em 0° quando comparado a 45°. Nota se que essa diferença entre as duas

angulações tem valor porcentual de -7,36%, tratando da flexão do joelho a 0° em comparação a 45°.

Gráfico 2 – Comparação da CVIP nas diferentes angulações, 0° e 45°.



Legenda: kgF = Quilograma-força. CVIP = Contração Voluntária Isométrica Pico.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 3 – Valores (em kgF) da CVIM pico.

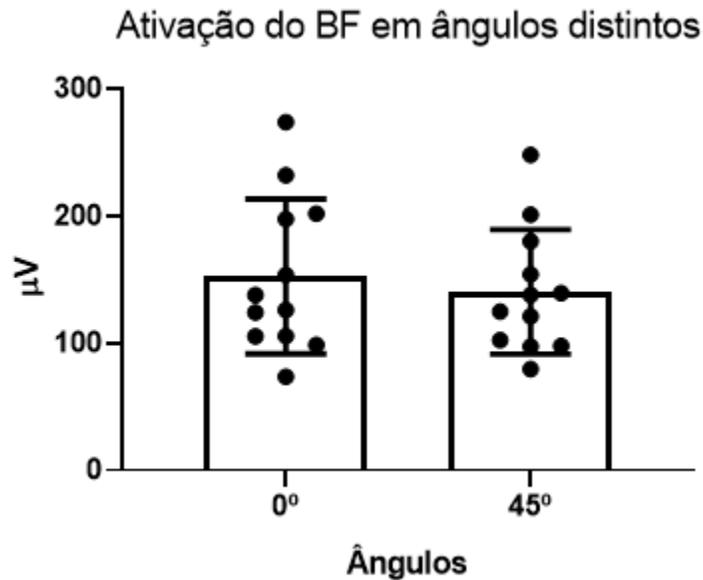
Ângulo	CVIM (kgF)	Valor de P
0°	175,30 ± 35	0,39
45°	162,40 ± 37,83	
Diferença 0° a 45 °	-7,36%	

Fonte: Do autor (2019).

À respeito da ativação eletromiográfica dada em  $\mu V$ , quando visto o músculo Bíceps Femoral, encontramos valor superior em 0° contraposto

a 45° de flexão do joelho. Visto que essa diferença em porcentual, foi -7,99% entre as angulações.

Gráfico 3 – Comparação da ativação eletromiográfica entre diferentes ângulos.



Legenda:  $\mu\text{V}$  = Microvolts. BF = Bíceps Femoral.

Fonte: Do autor (2019).

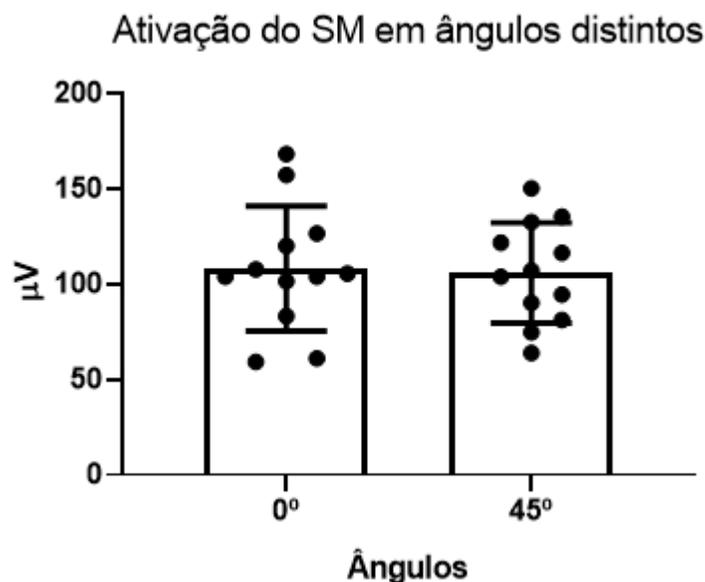
Tabela 4 – Valores (em  $\mu\text{V}$ ) da ativação eletromiográfica.

Ângulo	BF ( $\mu\text{V}$ )	Valor de P
0°	152,51 $\pm$ 60,89	0,59
45°	140,05 $\pm$ 49,05	
Diferença 0° a 45°	-7,99%	

Fonte: Do autor (2019).

Em relação ao músculo Semimembranoso e sua ativação eletromiográfica, constatou valores maiores em 0° do que 45° da flexão do joelho, em porcentual esse valor foi 2,04% menor em 45°.

Gráfico 4 – Comparação da ativação eletromiográfica entre diferentes ângulos.



Legenda:  $\mu\text{V}$  = Microvolts. SM = Semimembranoso.

Fonte: Do autor (2019).

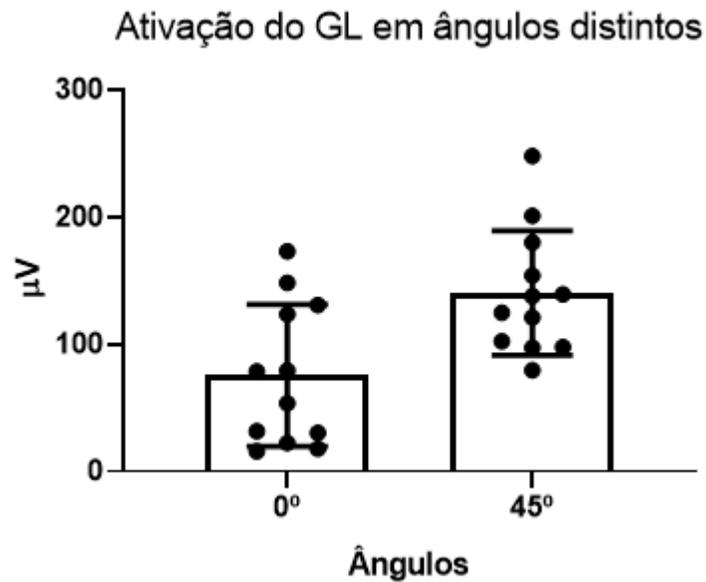
Tabela 5 – Valores (em  $\mu\text{V}$ ) da ativação eletromiográfica.

Ângulo	SM ( $\mu\text{V}$ )	Valor de P
0°	108,18 $\pm$ 32,75	0,43
45°	105,98 $\pm$ 26,32	
Diferença 0° a 45°	-2,04%	

Fonte: Do autor (2019).

De acordo com a Tabela 5, houve uma maior ativação eletromiográfica em 45° da flexão do joelho, em comparação com 0°. Haja visto que, em porcentual esse valor foi 39,95% maior em 45°.

Gráfico 5 – Comparação da ativação eletromiográfica entre diferentes ângulos.



Legenda:  $\mu\text{V}$  = Microvolts. GL = Gastrocnêmio Lateral.

Fonte: Do autor (2019).

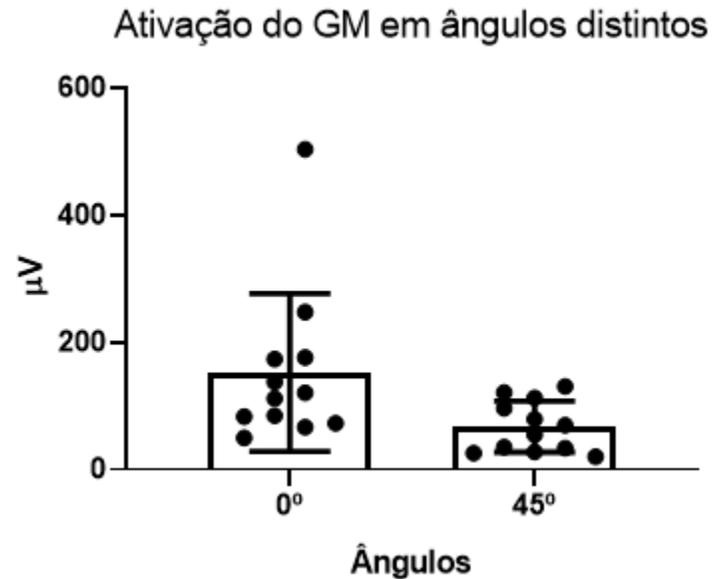
Tabela 6 – Valores (em  $\mu\text{V}$ ) da ativação eletromiográfica.

Ângulo	GL ( $\mu\text{V}$ )	Valor de P
0°	97,32 $\pm$ 38,50	0,22
45°	136,21 $\pm$ 40,51	
Diferença 0° a 45°	39,95%	

Fonte: Do autor (2019).

Como demonstrado na Tabela 6 a ativação eletromiográfica em 0° foi maior quando contraposto com 45° da flexão do joelho, uma vez que, essa diferente foi 23,33% menor quando comparado as duas angulações.

Gráfico 6 – Comparação da ativação eletromiográfica entre diferentes ângulos.



Legenda:  $\mu\text{V}$  = Microvolts. GM = Gastrocnêmio Medial.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 7 – Valores (em  $\mu\text{V}$ ) da ativação eletromiográfica.

Ângulo	GM ( $\mu\text{V}$ )	Valor de P
0°	119,88 $\pm$ 45,18	0,26
45°	91,91 $\pm$ 20,12	
Diferença 0° a 45°	-23,33%	

Fonte: Do autor (2019).

## 7. DISCUSSÃO

Como objetivo do seguinte estudo, analisamos a diferença de ativação eletromiográfica e da força dos músculos flexores do joelho, tendo em vista que, adotou como hipótese encontrar valores maiores

a 45°, no entanto, foi verificado maior ativação eletromiográfica a 0°, com exceção do Gastrocnêmio Lateral, haja vista que essa foi a única musculatura, que apresentou maiores valores em 45°, em comparação com 0° da flexão do joelho, corroborando com a hipótese do presente estudo, os demais valores observados em, Bíceps Femoral, Semimbranso e Gastrocnêmio Medial negaram a hipótese da presente pesquisa.

No que se trata da comparação da força a hipótese foi negada, uma vez que, foi produzido maiores valor a 0° 175,30kgF quando comparado a 45° 162,40kgF na contração voluntária isométrica pico.

Tendo em vista o aumento da procura pelo treinamento de força, e sua infinidade de métodos para a aplicação da infinidade de exercícios existentes de acordo com Fleck e Kraemer (2017), faz se necessário o melhor entendimento á respeito desses mesmos exercícios, sejam esses, praticados pelo grupo da população de não atletas, no qual os profissionais de Educação Física atuaram como professores, seja na parcela da população de atletas, onde os graduados em Educação Física poderão atuar como treinadores ou preparadores físicos. Enfim seja, qual for o âmbito que o treinamento de força será utilizado, o mesmo necessita de mais informações á respeito do que está ocorrendo com o ser humano que o pratica, para assim gerar melhores resultados, ora com o objetivo de saúde, ora visando o alto rendimento.

Assim se faz necessário a utilização da eletromiografia, como ferramenta de informação sobre a ativação eletromiográfica de determinada musculatura, em diferentes angulações, haja vista que, essa diferença de angulação utilizada irá interferir na ativação de determinados músculos, podendo assim ter o entendimento á respeito de determinado exercício irá influenciar ou não em determinada musculatura, uma vez que, segundo Correa et al., (2011) a Eletromiografia pode ser estabelecida como

uma maneira de registrar os potenciais elétricos gerados nas fibras musculares, no decorrer das diferentes maneiras de contração, fazendo possível a avaliação do comportamento do sistema neuromuscular.

Foi observado um aumento do sinal eletromiográfico, decorrente do aumento da angulação da flexão do joelho, no qual, esse achado corrobora com o estudo de Correa et al., (2011), onde foi avaliado a EMG do BF, e observou um aumento de 0° para 60° na flexão do joelho, e posteriormente, com contínuo aumento da angulação, de 60° para 90°, ocorreu um decréscimo no valor do sinal eletromiográfico, porém, após esse fato, o valor permanece maior quando comparado 90° a 0° na flexão do joelho.

No presente estudo, foi constatado um maior sinal eletromiográfico dos músculos Bíceps Femoral e Semimembranoso, quando realizada a flexão do joelho a 0° do que a 45°, tais achados não vão de encontro com os achados de Higashihara et al., (2009), onde foi analisado o efeito de diferentes angulações da flexão do joelho, na atividade eletromiográfica dos músculos BF e SM, no qual, foram constatados maiores valores em 45°, em tal estudo foi citado uma tendência de menor ativação eletromiográfica a medida que se aproxima da máxima extensão do joelho.

Na pesquisa tratada não foi dada nenhuma instrução á respeito da posição do tornozelo dos participantes, porém no estudo de Marchetti et al., (2019) foi comparado diferentes posições do tornozelo influenciando na atividade eletromiográfica durante a flexão do joelho na mesa flexora, em duas diferentes angulações, 0° e 90°. Nesse estudo foram encontrados valores maiores de atividade eletromiográfica do Gastrocnêmio Lateral no momento em que os voluntários realizavam a flexão plantar, se comparado com a dorsiflexão. Tal fato pode contribuir para elucidar a maior

ativação eletromiográfica do GL a 45° da flexão do joelho, sendo esse músculo o único que apresentou valores maiores a 45° quando comparado a 0°.

Na presente pesquisa não foi encontrada diferença significativa no comportamento de cada músculo entre as diferentes angulações pesquisadas, tal fato vai de encontro com os achados de Oliveira et al., (2003), no qual, foi analisada a atividade eletromiográfica do músculo Vasto Lateral e dos componentes longo e oblíquo do músculo Vasto Medial em contração isométrica máxima, no decorrer da extensão do joelho, sendo observado as seguintes angulações: 150°, 165° e 180°, e no que se trata do comportamento de cada músculo analisado não foi registrada diferença significativa entre as diferentes angulações, o que vai de encontro com a pesquisa tratada.

Delgado et al., (2004) avaliou a força dos músculos extensores e flexores da articulação do joelho em 31 militares, sendo 19 do sexo feminino e 12 do sexo masculino, através da contração isométrica máxima e não encontraram diferenças significativas intragrupos, quando observada a flexão do joelho a 30°, tal achado corrobora com a presente pesquisa, a qual, contou com 12 homens e também não foi observada diferença significativa na flexão do joelho, seja realizada a 0° ou 45°.

A presente pesquisa apresenta como limitação a posição dos participantes durante a coleta, uma vez que, os mesmos ficaram em pé, apoiados na perna não dominante, quando a dominante iria ser analisada na coleta, tal fato pode contribuir para maior produção de força a 0° do que 45°, por ser uma posição que exige menos equilíbrio do participante, facilitando assim a produção de força que também surte efeito na atividade eletromiográfica, do contrário da metodologia utilizada por Souza et al., (2015) que utilizou da Cadeira Extensora para avaliar a força e a atividade

eletromiográfica do músculo Quadríceps em mulheres fisicamente ativas, sendo assim essa pesquisa não apresenta como limitação a posição da amostra durante a coleta, considerando que a mesma não precisa se equilibrar na perna não dominante.

## **8. CONCLUSÃO**

Segundo os achados do presente estudo, nega-se a hipótese de que a flexão de joelhos quando realizada a  $45^\circ$  provoca maior pico de torque e conseqüentemente maior EMG, quando comparado a  $0^\circ$  de flexão do joelho, uma vez que, em todas as variáveis do estudo, com exceção da atividade eletromiográfica do Gastrocnêmio Lateral, foram encontrados maiores valores a  $0^\circ$  se comparado com  $45^\circ$ . Faz se necessário novos estudos a fim de elucidar essa questão, com a observação dos diferentes pontos que não foram levados em conta no estudo tratado, como a angulação de tornozelo e quadril influenciando nos resultados.

## REFERÊNCIAS

A WIKSTROM, Erik et al. Measurement and Evaluation of Dynamic Joint Stability of the Knee and Ankle After Injury. **Sports Medicine**, [s.l.], v. 36, n. 5, p.393-410, 2006.

BOMPA, T. O.; DI PASQUALE, M. G. Cornacchia L. Lorenzo j., **Treinamento de Força Consciente**, São Paulo: Phorte, 2000.

CHRISTIE, Anita et al. Relationships between surface EMG variables and motor unit firing rates. **European Journal Of Applied Physiology**, [s.l.], v. 107, n. 2, p.177-185, 21 jun. 2009. Springer Science and Business Media LLC.

DROST, Gea et al. Clinical applications of high-density surface EMG: a systematic review. **J Electromyogr Kinesiol.** v. 16, n. 6, p. 586-602, Dec., 2006.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J.; **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 445 p.

FLECK, S. J.; SCHUTT JR, R. C. Types of strength training. **Clinics in sports medicine**, v. 4, n. 1, p. 159-168, 1985.

GONÇALVES, M. Eletromiografia e a identificação da fadiga muscular. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 5, no. 20, p. 91-93, 2006.

HIGBIE, Elizabeth J. et al. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. **Journal Of Applied**

**Physiology**, [s.l.], v. 81, n. 5, p.2173-2181, 1 nov. 1996. American Physiological Society.

KONRAD, P. **The ABC of EMG**. A Pratical Introduction to Kinesiological electromyography. Norax Inc. USA, 2005.

KELLIS, E.; BALTZOPOULOS, V. Quantification of quadriceps and hamstrings antagonist activity. **Sports Medicine**, Auckland, v. 25, no. 1, p. 37-62, 1999.

KRAEMER, William J.; RATAMESS, Nicholas A.. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, [s.l.], v. 36, n. 4, p.674-688, abr. 2004. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health).

LUCA, Carlo J. de. Use of the surface EMG signal for performance evaluation of back muscles. **Muscle & Nerve**, [s.l.], v. 16, n. 2, p.210-216, fev. 1993. Wiley.

LUNNEN, Jack D; YACK, John; LEVEAU, Barney F. Relationship Between Muscle Length, Muscle Activity, and Torque of the Hamstring Muscles. **Physical Therapy**, [s.l.], v. 61, n. 2, p.190-195, 1 fev. 1981. Oxford University Press (OUP).

MESFAR, W.; SHIRAZI-ADL, A. Knee joint mechanics under quadriceps-hamstrings muscle forces are influenced by tibial restraint. **Clinical Biomechanics**, Bristol, v. 21, no. 8, p. 841- 848, 2006.

MILLER, J. P.; CROCE, R. V.; HUTCHINS, R. Reciprocal coactivation patterns of the medial and lateral quadriceps and hamstrings during slow,

medium and high speed isokinetic movements. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, no. 4, p. 233-239, 2000.

NAKAZAWA, Kimitaka et al. Induction of locomotor-like EMG activity in paraplegic persons by orthotic gait training. **Exp Brain Res**. v. 157, n. 1, p. 117-23, Feb., 2004.

OKUBO, Yo et al. Comparison of the activities of the deep trunk muscles measured using intramuscular and surface electromyography. **J Mech Med Biol**. v. 10, n. 4, p. 611-20, Mar., 2010.

PETERSEN, Flemming Bonde. Muscle Training by Static, Concentric and Eccentric Contractions. **Acta Physiologica Scandinavica**, [s.l.], v. 48, n. 3-4, p.406-416, ago. 1960. Wiley.

Powers, S.K.; Howley, E.T. **Fisiologia do Exercício** - Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho - 8ª Ed. 2014.

RODRIGUES, Carlos Eduardo Bassi. Torque Articular e Atividade Eletromiográfica dos Músculos Bíceps Femoral e Semitendíneo Durante Movimentos Isocinéticos de Flexão do Joelho em Atletas de Futebol. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, Campinas, v. 3, n. 9, p.262-270, jun. 2007.

SENIAM. Surface Electromyography for the Non-invasive Assessment of Muscles. Europa: Biomedical Health and Research Program (BIOMED II). **Recommendations for EMG data**, [acessada em 8 de dezembro de 2013]. Disponível em: <http://www.seniam.org/>

SOFIENE, Kaabi et al. Effect of an Integrated Resistance Program Based Weightlifting Exercises on Improving Physical Performance of Young Table Elite's Tennis Players. **Advances In Physical Education**, [s.l.], v. 06, n. 04, p.364-377, 2016. Scientific Research Publishing, Inc.

STEGEMAN, D. F. et al.. Surface EMG models: Properties and Applications. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, p.: 313–326, 2000.

TILP, Markus; WAGNER, Herbert; MÜLLER, Erich. Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. **Sports Biomechanics**, [s.l.], v. 7, n. 3, p.386-397, set. 2008. Informa UK Limited.

WIKSTROM, Erik et al. Measurement and Evaluation of Dynamic Joint Stability of the Knee and Ankle After Injury. **Sports Medicine**, [s.l.], v. 36, n. 5, p.393-410, 2006. Springer Nature.

## ANEXO A

# Termo de Consentimento Livre e Esclarecido TCLE

Nome:

---

**I - TÍTULO DO TRABALHO EXPERIMENTAL:** COMPARAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA E DA FORÇA DOS MÚSCULOS FLEXORES DO JOELHO EM DIFERENTES ÂNGULOS DE FLEXÃO DE JOELHO

**Pesquisadores Responsáveis:** *Sandro Fernandes da Silva, Pedro Araújo de Oliveira Sousa.*

## II - OBJETIVOS

O objetivo desse estudo é entender melhor as respostas neuromusculares dos músculos flexores do joelho em diferentes angulações, na contração voluntária isométrica máxima e a relação da circunferência de coxa e perna com a espessura muscular dos posteriores do joelho e gastrocnêmio, analisando também o sinal eletromiográfico dos mesmos, para elucidar sobre produção de força isométrica e sinal eletromiográfico em diferentes angulações.

## III – JUSTIFICATIVA

Esse estudo justifica-se para mostrar que variação de angulação do exercício é um requisito básico para prescrição e controle de carga de treinamento, e assim identificar as modificações que diferentes angulações provocam nas respostas neuromusculares, ajudam o profissional de educação física a tomar decisões corretas na prescrição e controle a atividade.

## IV - PROCEDIMENTOS DO EXPERIMENTO

Durante a realização da pesquisa, serão feitas com você avaliação da composição corporal através do método de ultrassom, tiradas medidas de estatura, comprimento de membro inferior, circunferência de coxa e perna, e analisada a espessura muscular dos posteriores da coxa e gastrocnêmio, você será submetido a uma coleta de sinal eletromiográfico e a realização de 2 contrações voluntárias máximas.

**V - RISCOS ESPERADOS**

Durante a realização do exercício, você poderá apresentar algum desconforto como dor muscular durante e logo após o mesmo, mas isto não leva a nenhum risco para sua saúde, já que é uma resposta ao exercício, pode apresentar alguma irritação na pele devido ao procedimento de preparação para a colação dos eletrodos.

**VI – BENEFÍCIOS**

Será a chance de participar de uma pesquisa que propõem identificar uma melhor resposta e entendimento de como o musculo reage a diferentes angulações.

Os participantes também receberam todos os dados que foram coletados, que poderão ser utilizados futuramente em seus treinos pelo profissional que os acompanham.

**VII – CRITÉRIOS PARA SUSPENDER OU ENCERRAR A PESQUISA**

A pesquisa pode ser suspensa caso apresente irregularidades nos procedimentos e nos critérios apresentados acima.

**VIII - CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO**

Eu \_\_\_\_\_, certifico que, tendo lido ou ouvido, as informações acima e suficientemente esclarecido (a) de todos os itens, estou plenamente de acordo com a realização do experimento. Assim, eu autorizo a execução do trabalho de pesquisa exposto acima.

Lavras, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

NOME (legível)

\_\_\_\_\_

RG \_\_\_\_\_

ASSINATURA \_\_\_\_\_

**ATENÇÃO:** A sua participação na pesquisa é voluntária. Em caso de dúvidas, escreva para e-mail de um dos pesquisadores responsáveis: [sandrosf@ufla.br](mailto:sandrosf@ufla.br), [pedro.edufisica94@gmail.com](mailto:pedro.edufisica94@gmail.com)