



CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
UNIPAC-BARBACENA
FACULDADE DE SAUDE DE BARBACENA – FASAB
CURSO DE GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

DIMAS VINÍCIUS MORAIS COSTA

**AGACHAMENTO ISOMÉTRICO COM DIFERENTES POSIÇÕES DOS PÉS E
ATIVAÇÃO MIOELÉTRICA NO RETO FEMORAL E BÍCEPS FEMORAL**

BARBACENA

2022

DIMAS VINÍCIUS MORAIS COSTA

**AGACHAMENTO ISOMÉTRICO COM DIFERENTES POSIÇÕES DOS PÉS E
ATIVAÇÃO MIOELÉTRICA NO RETO FEMORAL E BÍCEPS FEMORAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Educação Física do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos – UNIPAC, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Educação Física.

Orientador: Esp. Leandro Otávio Apolinário Cantaruti

BARBACENA

2022

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	8
Materiais e métodos	9
Participantes da pesquisa.....	9
Procedimentos experimentais.....	9
Determinação das posições para o agachamento (afastamento e angulação)	10
Teste de contração voluntária isso métrica máxima	10
Aquisição da eletromiografia.....	10
Estatística	11
Local da pesquisa	11
Critérios de suspensão e encerramento da pesquisa	12
Resultados	12
Discussão	16
Conclusão	17
Agradecimentos	17
Referências bibliográficas	17

Gráficos

Gráfico 1. Comparação entre condições para o ângulo do joelho (60 e 120 graus). Diferença significativa (P=0,0002)	12
Gráfico 2. Comparação da carga máxima obtida no agachamento isométrico máximo. Diferença significativa para as condições com ângulos dos joelhos (P=0,0002).	13
Gráfico 3. Comparação da ativação mioelétrica para o Reto-femoral. Diferença significativa para a condição de menor ângulo relativo do joelho (P=0,019).	14
Gráfico 4. Comparação mioelétrica do Bíceps femoral entre as condições sem diferença significativa.	15
Gráfico 5. Comparação entre ativação mioelétrica do Reto-femoral e Bíceps femoral entre condições. Diferença significativa para o angulo de 60 graus com pés na posição normal (P=0,0025) e para os pés afastados (P=0,0002).	15

Resumo

O agachamento é um movimento inerente ao ser humano em tarefas cotidianas e na realização de movimentos específicos no treinamento de força. Contudo, quanto a sua utilização no treinamento de força, especula-se ativação elétrica diferenciada para os mesmos músculos ao se alterar o afastamento dos pés. Diante disto, o presente estudo tem por objetivo verificar as possíveis diferenças na ativação dos músculos Reto femoral e Bíceps femoral durante a execução do exercício agachamento isométrico, em diferentes afastamentos dos pés com a angulação de 120° e 60° nos joelhos. Para tal investigação, a amostra foi constituída por 5 participantes adultos (amostra por conveniência), do sexo masculino, com idade entre 18 e 40 anos aparentemente saudáveis e comprovados com base na aplicação de questionário PAR-Q, com experiência prévia em treinamento resistido por pelo menos seis meses. O presente projeto de pesquisa ocorreu em 3 (três) visitas, nas quais a visita 1 foi destinada a familiarização, resposta dos testes e assinatura dos termos legais para participação da pesquisa. A Segunda e a Terceira, visitas, foram destinadas a coleta dos dados para comparação do teste, de maneira randomizada. O participante adotou duas posições diferenciadas dos pés no agachamento sendo elas: variação na distância interna dos calcanhares igual a distância dos acrômios e 40% maior que a mesma, com os ângulos de 60° a 120° (convencional) e de 0° a 60° (denominado semi agachamento ou parcial). Adotando esta porcentagem para que possa ter uma linearidade nos dados coletados. O participante adotou a posição de agachamento no *HACK MACHINE* com as medidas do posicionamento dos pés. Uma célula de carga foi acoplada por esticadores no *HACK MACHINE*, onde ainda o eletrogoniômetro captou a medida respectiva do ângulo articular do joelho, e o eletrodo de superfície da eletromiografia (EMG) 1cm acima e 1cm abaixo do ponto de maior protuberância do músculo no sentido das fibras musculares, onde o eletrodo “neutro/terra” foi colocado no maléolo lateral, para mensuração do sinal EMG durante a realização do exercício de força isométrica voluntária máxima. Para a comparação entre as medidas de EMG e torque em cada posição, foi realizada uma ANOVA *one-way* para verificar possíveis diferenças. Encontradas diferenças significativas, foi realizado test-t entre os pares de medidas com nível de significância $P < 0,05$. Com base nos achados do presente estudo, diferentes posicionamentos de afastamento dos pés não altera o nível de ativação mioelétrica do Reto-femoral e Bíceps Femoral a 120°. Contudo a 60°, há um aumento significativo da ativação mioelétrica do Reto femoral.

Palavras-chaves: Exercício (D015444); Eletromiografia (D004576); Força Muscular (D053580).

Abstract

Squatting is a movement inherent to human beings in everyday tasks and in performing specific movements in strength training. However, regarding its use in strength training, it is speculated differentiated electrical activation for the same muscles when changing the spacing of the feet. In view of this, the present study aims to verify the possible differences in the activation of the Rectus femoris and Biceps femoris muscles during the execution of the isometric squat exercise, in different distances of the feet with the angulation of 120° and 60° in the knees. For this investigation, the sample consisted of 5 adult participants (sample for convenience), male, aged between 18 and 40 years, apparently healthy and proven based on the application of the PAR-Q questionnaire, with previous experience in resistance training by at least six months. This research project took place in 3 (three) visits, in which visit 1 was intended for familiarization, test response and signing of the legal terms for research participation. The second and third visits were intended for data collection for test comparison, in a randomized manner. The participant adopted two different positions of the feet in the squat, namely: variation in the internal distance of the heels equal to the distance of the acromions and 40% greater than the same, with angles from 60° to 120° (conventional) and from 0° to 60° (called semi squat or partial). Adopting this percentage so that it can have a linearity in the collected data. The participant adopted the squatting position on the HACK MACHINE with measurements of foot placement. A load cell was attached by stretchers to the HACK MACHINE, where the electrogoniometer also captured the respective measure of the knee joint angle, and the electromyography surface electrode (EMG) 1cm above and 1cm below the point of greatest protuberance of the muscle in the direction of muscle fibers, where the “neutral/earth” electrode was placed on the lateral malleolus, to measure the EMG signal during the performance of the maximum voluntary isometric strength exercise. For the comparison between the EMG and torque measurements in each position, a one-way ANOVA was performed to verify possible differences. When significant differences were found, a t-test was performed between the pairs of measures with a significance level of $P < 0.05$. Based on the findings of the present study, different foot spacing positions do not alter the level of

myoelectric activation of the Rectus Femoris and Biceps Femoralis at 120°. However at 60°, there is a significant increase in the myoelectric activation of the Rectus Femoris.

Keywords: Exercise (D015444); Electromyography (D004576); Muscle Strength (D053580).

Introdução

O agachamento é um movimento mecânico natural do desenvolvimento motor e utilizado frequentemente na vida cotidiana ou para desempenho físico(1,2). Este, considerado de cadeia cinética fechada quando há o contato dos pés no chão, é frequentemente utilizado em reabilitações de diferentes lesões, podendo ser utilizado em angulações diversas(3–5). No estudo de Baffa (2012), foi preconizado a utilização de duas variações na flexão de joelho do agachamento, sendo preconizado 60° a 120° de convencional e de 0° a 60° de semi agachamento ou parcial(6).

Variações no posicionamento dos pés ou afastamento dos membros inferiores é utilizado como forma de desenvolver grupamentos musculares específicos. Segundo Escamilla (2001), foi quantificado parâmetros biomecânicos do agachamento analisando a execução do exercício com variação no afastamento do posicionamento dos pés através da cinemática. Estudo composto por 39 sujeitos competidores de levantamento de peso que realizaram 3 posições diferentes durante o agachamento, sendo elas: agachamento parcial, meio-agachamento e agachamento afastado foram normalizados pela largura dos ombros. Os resultados mostraram que ocorreu um aumento significativo nas forças compressivas patelofemorais de 15% e tibiofemorais de 16% em sujeitos que realizaram o exercício com a posição afastada em relação à posição dos pés com distância menor que a largura dos ombros. Contudo, a posição dos pés com distância menor que a largura dos ombros resultou em um aumento de ~4–6 cm de translação anterior da tibia quando comparado as outras posições(7).

O agachamento é um movimento bastante utilizado em alguns esportes e podendo ser usado para melhorar performance dos atletas, no estudo Giuseppe Coratella (2018), foram avaliados jogadores de futebol sub-21, utilizando o teste isocinético e de mudança de direção (MD), sprint e salto. O pico de torque de extensão e flexão do joelho de quadríceps e isquiotibiais foi medido em velocidades angulares de joelho baixas e altas, tanto em modalidades concêntricas quanto excêntricas, totalizando oito testes diferentes, MD foi avaliado usando o teste de vaivém de 20 m + 20 m e o teste T de agilidade a capacidade de sprint de 10 m e 30 m e a capacidade de salto foi avaliada com salto sem contra movimento (SSC) e salto com contra movimento (SCC), o respectivo estudo destacou que a assimetria de pico de torque inter-membros do quadríceps e isquiotibiais está correlacionada com MD e capacidade de sprint, enquanto nenhuma correlação foi encontrada com SSC e SCC(13).

Uma maneira de se comparar e quantificar as diferentes formas de execução é através da eletromiografia (EMG), sendo um método não invasivo e de custo relativamente baixo. A EMG representa a função muscular a partir da detecção da atividade elétrica produzida pela despolarização dos neurônios e da membrana muscular envolvida na contração, mensurando assim a atividade elétrica muscular em resposta ao exercício⁷. Isso é possível devido as sinapses da contração muscular. Os neurônios são células do sistema nervoso que funcionam para conduzir uma mudança rápida de carga na membrana, tendo um componente longo chamado axônio o qual é responsável por conduzir esse potencial de uma extremidade à outra, que neste caso chega a junção neuromuscular onde são captados os sinais elétricos de EMG⁽¹¹⁾.

Devido a prática do treinamento de força sejam empregados diferentes posicionamentos dos pés sem uma congruência de informações, o presente estudo tem por objetivo verificar as possíveis diferenças na ativação dos músculos Reto femoral e Bíceps femoral durante a execução do exercício agachamento isométrico, em diferentes afastamentos dos pés com a angulação de 60° e 120° nos joelhos.

Materiais e métodos

Participantes da pesquisa

A amostra foi constituída por 5 participantes adultos (amostra por conveniência) e como critérios de inclusão deveriam atender ao quesitos: sexo masculino, idade entre 18 e 40 anos aparentemente saudáveis e comprovados com base na aplicação de questionário PAR-Q e experiência prévia em treinamento resistido por pelo menos seis meses. Como critérios de exclusão do estudo, os participantes que declararem a presença de qualquer lesão osteomioarticular e/ou cirurgia nas articulações envolvidas nos procedimentos experimentais seriam excluídos da amostra.

Os participantes foram convidados a participar do estudo, através de anúncios e cartazes de convocação que foram espalhados na Centro Universitário Presidente Antônio Carlos unidade de Barbacena após aprovação pelo comitê de ética em pesquisa (CEP) do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos sob o código CAAE: 20478619.0.0000.5156.

Procedimentos experimentais

Ao início do estudo, os participantes foram convidados a assinar um termo de consentimento contendo todos os procedimentos para a realização do estudo e uma autorização

de uso de imagem, caso haja necessidade de ilustrar quaisquer procedimentos relacionados com a pesquisa para fim acadêmico. Os participantes receberam uma cópia de todos os documentos. Caso o participante sentisse necessidade de encerrar sua participação, o mesmo poderia retirar seu consentimento a qualquer momento da pesquisa.

O presente estudo ocorreu em 3 (três) visitas com duração aproximada de 60 min cada, nas quais a visita 1 foi destinada a familiarização do agachamento no *HACK MACHINE* utilizando diferentes posições dos pés e o goniômetro para posicionar o joelho nos ângulos utilizados durante os movimentos e, resposta dos testes, assinatura dos termos legais para participação da pesquisa. A Segunda e a Terceira visita, que ocorreu num intervalo de sete dias, foram destinadas a coleta dos dados para comparação do teste, de maneira randomizada e feito um sorteio (cego) para realização dos movimentos.

Determinação das posições para o agachamento (afastamento e angulação)

O participante adotou duas posições diferenciadas dos pés sendo elas: Variação na distância interna dos calcanhares de igual distância entre acrômios e 40% maior que a mesma, no agachamento com ângulo de 60° (denominado semi agachamento ou parcial) e 120° (sendo considerado convencional). Adotado esta porcentagem para que possa ter uma linearidade nos dados coletados.

O participante foi posicionado em uma marca na base do *HACK MACHINE* determinada pelas suas medidas (distância entre acrômios). Para medir o torque gerado no movimento, uma célula de carga foi acoplada por esticadores no *HACK MACHINE*. Neste momento já estavam posicionados os eletrodos para a aquisição do sinal eletromiográfico, onde ainda o eletrogoniômetro sincronizado aos demais instrumentos para medir respectivo ângulo articular do joelho.

Teste de contração voluntária isso métrica máxima

O participante foi posicionado para executar o agachamento isométrico, de forma randomizada (ângulo do joelho e afastamento dos pés), na qual fora orientado a realizar força isométrica voluntária máxima durante 10 segundos contínuos.

Aquisição da eletromiografia

Conversor analógico digital com sistema de aquisição de 04 canais, resolução de 16 bit e eletrodos de superfície bipolar (EMG System do Brasil, EMG 430C) com 2000 Hz de frequência de amostragem por canal).

O participante previamente preparado, realiza uma tricotomia, o qual consiste na raspagem dos pelos e após este procedimento será passado um algodão com álcool etílico 70% para a limpeza da superfície.

Com a pele preparada, foram colocados os eletrodos conforme o protocolo proposto pela SENIAM, o qual sugere que os eletrodos sejam posicionados com espaço de 20 mm. Para o músculo reto femoral o posicionamento corresponde a metade da distância da espinha íliaca ântero superior e a base da patela. Para o bíceps femoral, a orientação do posicionamento deve ser a metade da distância entre a tuberosidade isquiática e o epicôndilo lateral da tíbia.

Estatística

Os pressupostos conceituais para a utilização de testes estatísticos paramétricos são testados. A presença de distribuição normal será testada através do teste de *Shapiro-Wilk*.

O confronto entre os dados encontrados na literatura e os obtidos no estudo, foram apresentados através de estatística descritiva, com média e desvio padrão para os valores de EMG e torque encontrados. Serão apresentados gráficos de coluna para visualização das medidas.

Para a comparação dos dados ao longo do tempo e entre condições para o sinal de EMG e o torque, foi realizado uma ANOVA *One-Way*. Caso seja verificada diferença significativa, o Teste-T para medidas repetidas será adotado para verificar a possível diferença entre as médias.

Para todas as análises estatísticas foi utilizado o software Excel for Windows versão 16. Os resultados foram considerados estatisticamente significativos quando $P \leq 0,05$.

Local da pesquisa

O presente estudo fora realizado no laboratório de biomecânica e fisiologia do exercício localizado no Centro Universitário Presidente Antônio Carlos - Barbacena no Campus Magnus, situado na cidade de Antônio Carlos/MG. Este é coordenado pelo pesquisador responsável pelo Curso de Educação Física desta Instituição. O laboratório teve plenas condições materiais para a realização do estudo e todos os equipamentos necessários para a realização do mesmo foram disponibilizados no laboratório da instituição de ensino, não onerando a realização do estudo.

Critérios de suspensão e encerramento da pesquisa

O encerramento da pesquisa se dá somente após o término da coleta dos dados referentes ao número de participantes que compõem a amostra do estudo ou com a retirada do consentimento dos participantes.

Resultados

A média do ângulo do joelho para as quatro condições podem ser observadas através do gráfico 1, na qual houve diferença significativa entre as condições de 60° e 120° de ângulo relativo entre os joelhos ($P=0,0002$) verificado através da ANOVA *One-Way*.

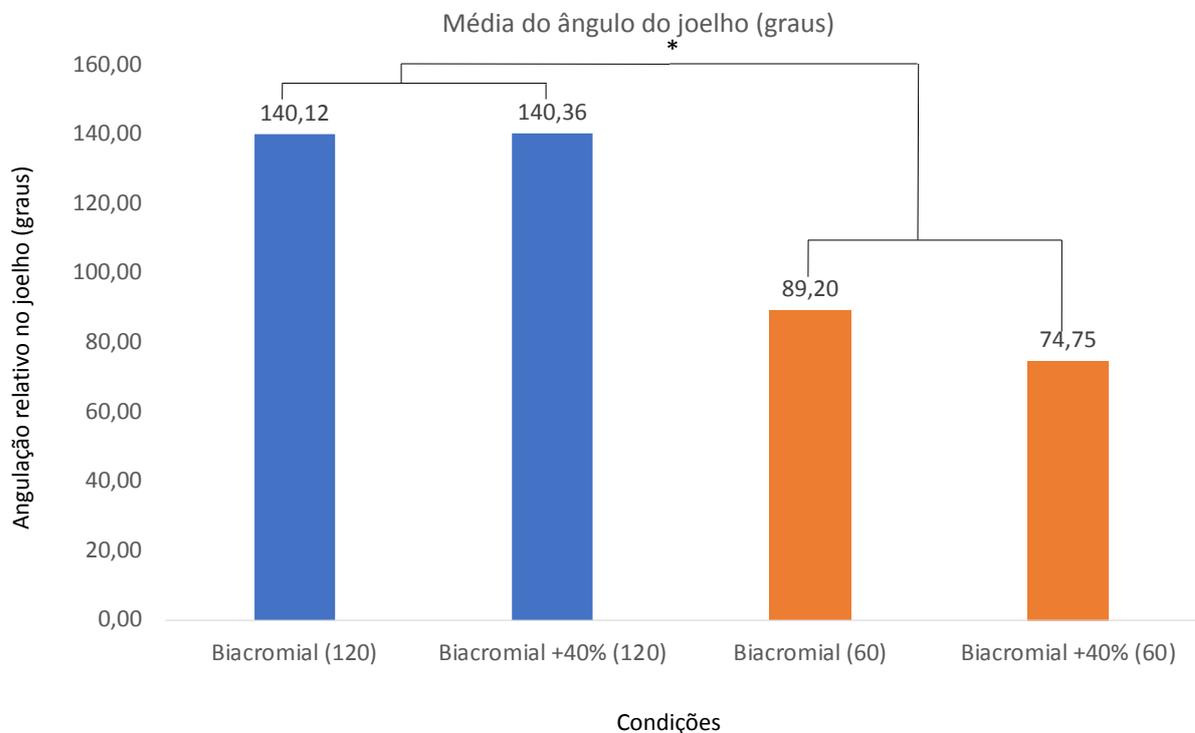


Gráfico 1. Comparação entre condições para o ângulo do joelho (60 e 120 graus). Diferença significativa ($P=0,0002$)

Quando comparada a carga máxima (torque gerado no agachamento isométrico máximo) entre as condições, verificou-se diferença significativa entre os ângulos do joelho, apenas ($P=0,0002$). O gráfico 2 representa o torque gerado no agachamento das diferentes condições. Entre os afastamentos dos pés, não houve diferença significativa.

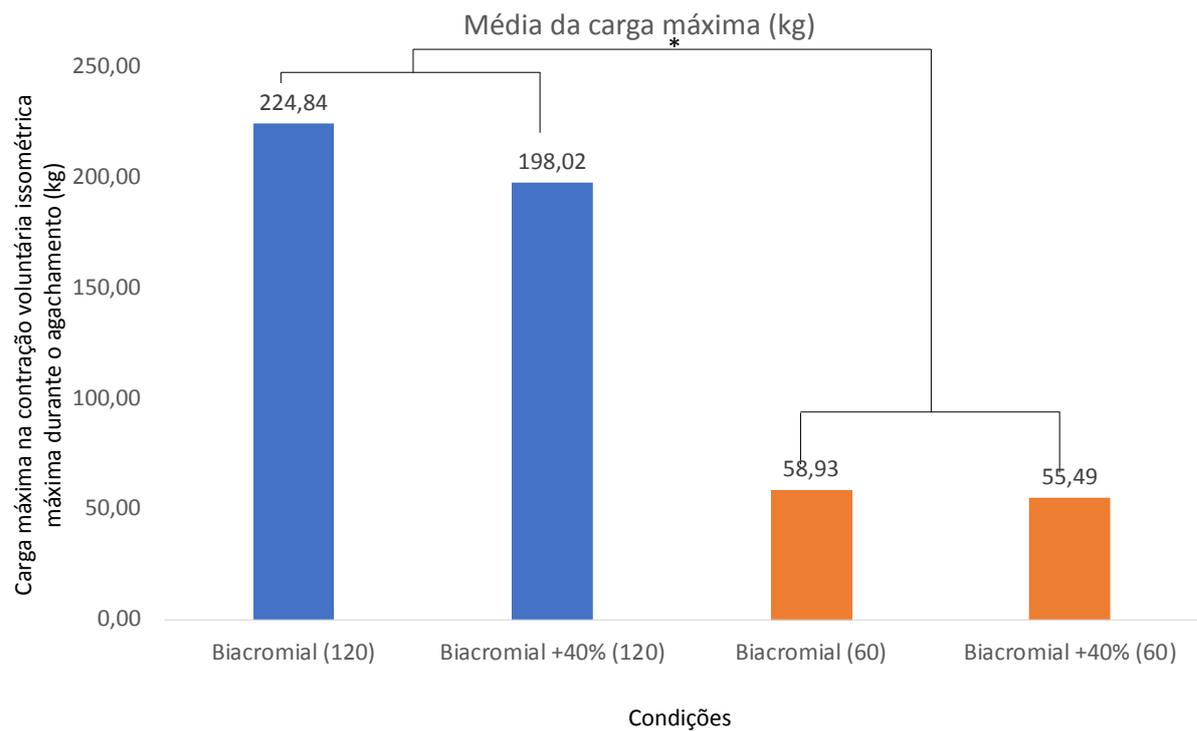


Gráfico 2. Comparação da carga máxima obtida no agachamento isométrico máximo. Diferença significativa para as condições com ângulos dos joelhos ($P=0,0002$).

A análise mioelétrica para o Reto-femoral apresentou diferença significativa apenas para as condições em que o joelho estava em ângulo relativo de 60° em relação a posição de 120° ($P=0,019$), conforme visualizado no gráfico 3.

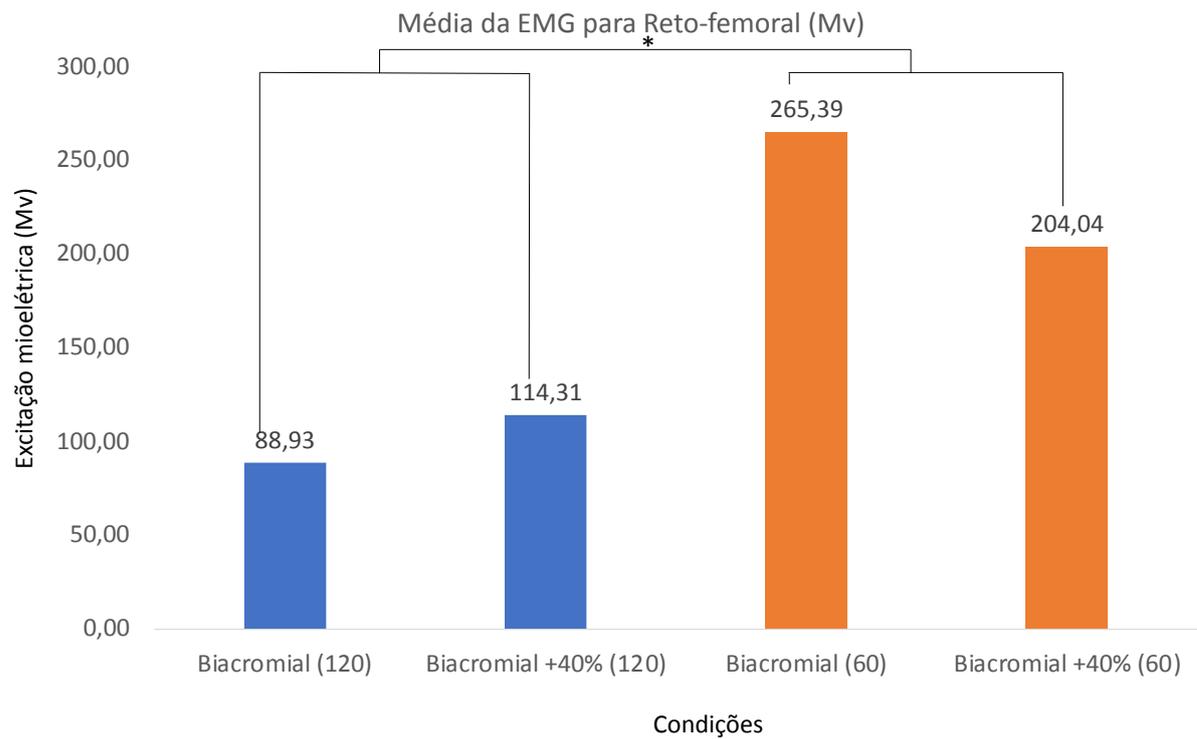


Gráfico 3. Comparação da ativação mioelétrica para o Reto-femoral. Diferença significativa para a condição de menor ângulo relativo do joelho (P=0,019).

A comparação entre a ativação mioelétrica para o bíceps femoral não houve diferença significativa para nenhuma das condições, conforme elucidado no gráfico 4.

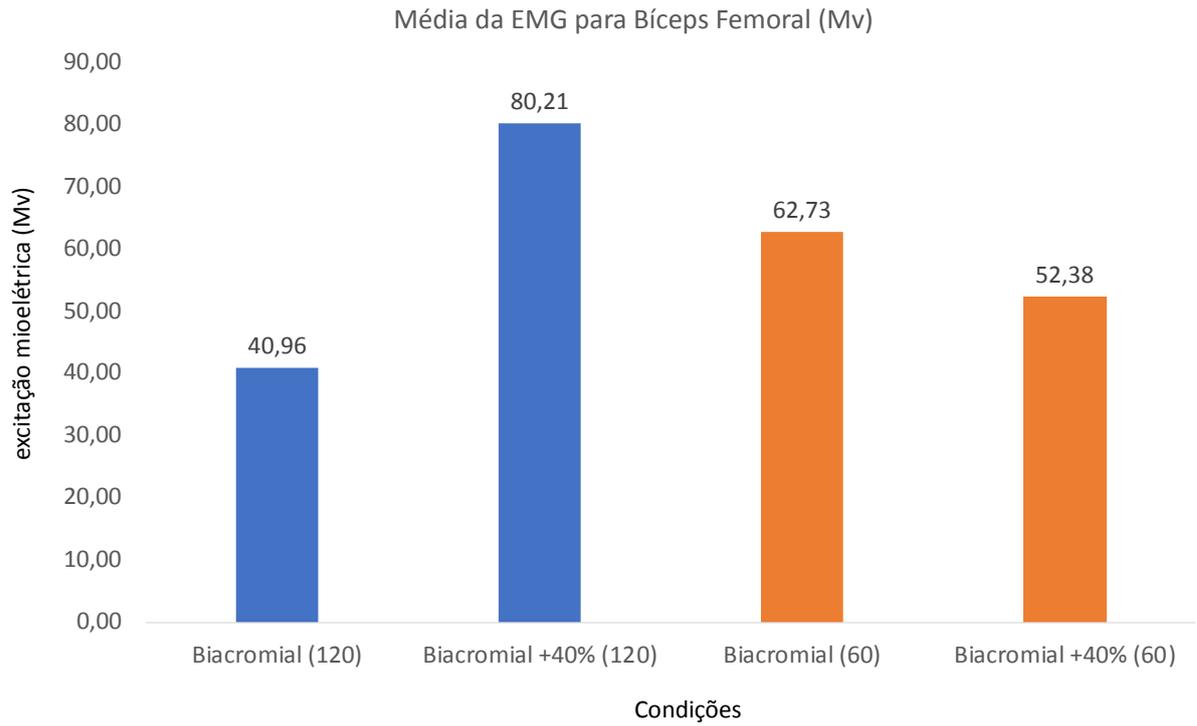


Gráfico 4. Comparação mioelétrica do Bíceps femoral entre as condições sem diferença significativa.

Quando comparadas as ativações mioelétricas entre Reto-femoral e Bíceps femoral para as condições, houve diferença significativa para o ângulo no joelho de 60° tanto na posição dos pés normal (P=0,0025) quanto para a posição com pés afastados (P=0,0002), conforme gráfico 5.

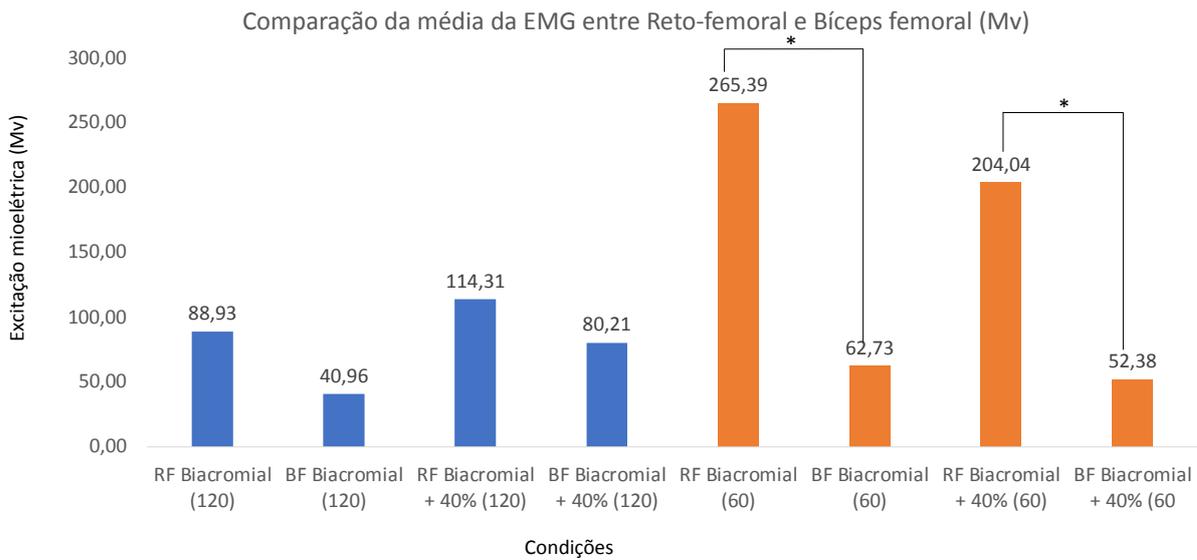


Gráfico 5. Comparação entre ativação mioelétrica do Reto-femoral e Bíceps femoral entre condições. Diferença significativa para o ângulo de 60 graus com pés na posição normal (P=0,0025) e para os pés afastados (P=0,0002).

Discussão

Quando analisados os ângulos dos testes propostos (60° e 120°) aos realizados, houve alteração no ângulo relativo do joelho (mensurado através do eletrogoniômetro) para a média respectiva de 82° e 140°. Este aumento no ângulo relativo para ambas as condições foi atribuído ao esticador que em teoria seria inextensível e ao ser submetido a carga de tração, ocorreu um estiramento do esticador e deformação da célula de carga (programada), alterando assim o ângulo relativo ao joelho após o posicionamento de 60° e 120°.

Na análise da carga máxima durante a contração isométrica, pode-se constatar que no maior ângulo relativo do joelho (140°) obteve-se maior carga para ambas as condições de afastamento dos pés (distância biacromial e acrescida de 40%). Contudo, na condição dos pés na condição da distância biacromial no ângulo de 120° (BIACROMIAL 120), foi a maior média, contudo, parece ser o teto de leitura da célula de carga trabalhada (225 kg), o que gera uma imprecisão na medida, pois desta forma não se pode afirmar se de fato o valor de 225 kg foi o máximo dos participantes ou se teriam ido além deste valor. Quando testadas as possíveis diferenças entre as médias entre os posicionamentos dos pés em um mesmo ângulo, não foi identificada diferença significativa, contudo entre ângulos articulares houve diferença significativa. Esta diferença na geração de força pode ser atribuída a dois conceitos básicos da biomecânica, sendo o primeiro associado ao ponto ótimo do músculo(12) e o segundo, os componentes vetoriais sobretudo do reto-femoral(7).

Um ponto de destaque nos achados foi a interação força X ângulo X EMG do reto-femoral, pois para ângulos relativos menores na articulação do joelho, foi reduzida em cerca de ¼ da carga máxima na contração isométrica com aumento significativo no sinal eletromiográfico do músculo referido. Em contrapartida, para o ângulo de 120° nos joelhos, obteve-se redução do sinal eletromiográfico com a máxima carga obtida.

Quanto a ativação do Bíceps femoral, não foram encontrada nenhuma diferença significativa entre as condições de afastamento dos pés ou ângulos dos joelhos, sugerindo assim que não é afetado por estas variáveis assim como o reto-femoral. Uma possível explicação para este achado associa-se ao entendimento da cabeça longa do bíceps femoral (ventre analisado no estudo) ser biarticular e possuir menor ação sobre a articulação do joelho na contribuição a extensão desta, participando do movimento através de sua contribuição na extensão do quadril.

Possíveis limitações do estudo podem ser elencadas como o N amostral baixo e o limite superior para a célula de carga que é de 225 kg, o que em alguns testes, os participantes apresentaram valores limítrofes em relação ao aparelho.

Sugere-se futuros estudos que comparem os níveis de ativação mioelétrica monitorando mais ventres musculares do quadríceps e ísquio-tibiais com maior quantidade amostral e que monitore o limite de carga do aparelho para um teto maior a 225 kg.

Conclusão

Com base nos achados do presente estudo, diferentes posicionamentos de afastamento dos pés não altera o nível de ativação mioelétrica do Reto-femoral e Bíceps Femoral a 120°. Contudo a 60°, há um aumento significativo da ativação mioelétrica do Reto femoral.

Agradecimentos

Aos alunos por concordar a participar do estudo, Matias Gonçalves De Paula, Rafael De Sousa Silva, Thallys Loures Rotondo Da Silva, Lucas Duarte Ferreira, e pela ajuda de toda a construção do estudo, Daniel Vieira Braña Côrtes De Souza.

Referências bibliográficas

1. Correa FI, Correa CF, Martinelli L, Rodrigues A, Oliveira S, Biom E, et al. Reprodutibilidade da eletromiografia na fadiga muscular durante contração isométrica do músculo quadríceps femoral Reproducibility of electromyography of muscular fatigue during isometric. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2006;13(2):46–52.
2. Reiser FC, Souza WC de, Mascarenhas LPG, Grzelczak MT. Atividade muscular de membros inferiores no exercício de agachamento. *Revista Acta Brasileira do Movimento Humano*. 2014;4(4):90–102.
3. Silva RS, Silva I da, Silva RA da, Souza L, Tomasi E. Atividade física e qualidade de vida. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2010;15(1):115–20.
4. Maior AS, Marmelo L, Marques-Neto S. Perfil do EMG em relação a duas angulações distintas durante a contração voluntária isométrica máxima no exercício de agachamento. *Motricidade*. 2011;7(2):77–84.

5. Reiser FC, Souza WC de, Mascarenhas LPG, Grzelczak MT. Atividade muscular de membros inferiores no exercício de agachamento. *Revista Acta Brasileira do Movimento Humano*. 2014;4(4):90–102.
6. Baffa AP. Quantitative MRI of vastus medialis, vastus lateralis and gluteus medius muscle workload after squat exercise: comparison between squatting with hip adduction and hip abduction. *J Hum Kinet*. 2014;33:5–14.
7. Escamilla RF. Knee biomechanics of the dynamic squat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001;33(1):127–41.
8. Rafael F, Glenn S, Steven W, Kevin E, James R. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2016;30(4):556–69.
9. Maior AS, Marmelo L, Marques-Neto S. Perfil do EMG em relação a duas angulações distintas durante a contração voluntária isométrica máxima no exercício de agachamento. *Motricidade*. 2011;7(2):77–84.
10. Correa FI, Correa CF, Martinelli L, Rodrigues A, Oliveira S, Biom E, et al. Reprodutibilidade da eletromiografia na fadiga muscular durante contração isométrica do músculo quadríceps femoral Reproducibility of electromyography of muscular fatigue during isometric. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2006;13(2):46–52.
11. ROBERGS RA, ROBERTS SO. Princípios fundamentais de fisiologia do exercício para aptidão, desempenho e saúde. 2002. 77–104 p.
12. Qiao YJ, Kim KR, Kim MK. Effects of Altering Foot Position on Quadriceps Femoris Activation during Wall Squat Exercises. *Journal of The Korean Society of Physical Medicine*. 2021;16(1).
13. Giuseppe Coratella, Marco Beato, Federico Schena. Correlation between quadriceps and hamstrings inter-limb strength asymmetry with change of direction and sprint in U21 elite soccerplayers 2018 junho; 59:81-87.