

Avaliação eletromiográfica do músculo quadríceps em indivíduos praticantes de atividade física e sedentários

Electromyography of the quadriceps muscle in physically active and sedentary individuals

Evalució electromiográfica del músculo cuádriceps em individuos que practican actividad física y estilos del vida sedentarios

Recebido: 21/06/2025 | Revisado: 26/06/2025 | Aceitado: 26/06/2025 | Publicado: 30/06/2025

Leticia Mazucato Baldin¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6044-8448>
Universidade de Ribeirão Preto, Brasil
E-mail: leticia-mazucato@hotmail.com

Guilherme Gallo Costa Gomes¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7970-0717>
Universidade de Ribeirão Preto, Brasil
E-mail: guilhermegalogomes@gmail.com

Bruno Cimatti¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2436-9916>
Universidade de Ribeirão Preto, Brasil
E-mail: brunocimatti@gmail.com

Lucas Sartori Manoel¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4723-6235>
Universidade de Ribeirão Preto, Brasil
E-mail: lucas.sartori.fisio@gmail.com

Gabriel Pádua da Silva¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2928-7282>
Universidade de Ribeirão Preto, Brasil
E-mail: gabriel_padua@hotmail.com

Edson Donizetti Verri¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2403-3953>
Universidade de Ribeirão Preto, Brasil
E-mail: edverri@gmail.com

Carlos Alberto Gíglío¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9248-6284>
Universidade de Ribeirão Preto, Brasil
E-mail: carlosagiglio@hotmail.com

Resumo

Introdução: O quadríceps é um importante grupo muscular utilizado em diversos tipos de exercícios e atividades de vida diária. Além disso, disfunções desse grupo muscular aumentam o risco de lesão e perda de rendimento nas atividades de vida diária. **Objetivo:** comparar por meio da eletromiografia quais porções do músculo quadríceps apresentam maior atividade em exercícios específicos em indivíduos sedentários e praticantes de atividade física. **Métodos:** A amostra foi composta por 18 voluntários em dois grupos, sedentários (SED, n=9) e praticantes de atividade física (PAF, n=9), com faixa etária de 20 a 30 anos, saudáveis e sem comorbidades. Foi utilizado eletromiógrafo portátil MyoSytem-I PS4 para avaliar a ativação muscular do quadríceps. **Resultados:** Na condição de repouso, agachamento convencional, agachamento sumô o grupo PAF apresentou diferença significativa ($p<0,05$) maior atividade eletromiográfica do reto femoral do lado direito. Já na extensão de joelho a 30° e 90° o grupo SED obteve maior atividade eletromiográfica com diferença significativa ($p<0,05$) no reto femoral direito. **Conclusão:** Todos estes exercícios são eficazes para o fortalecimento com enfoque nestas musculaturas, podendo ser escolhido por preferência ou por necessidade de enfoque em algum dos ventres musculares.

Palavras-chave: Músculo Quadríceps; Eletromiografia; Contração Muscular.

¹ Universidade de Ribeirão Preto, Departamento de Fisioterapia – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

Abstract

Introduction: The quadriceps is a crucial muscle group involved in various types of exercises and activities of daily living. Furthermore, dysfunctions within this muscle group increase the risk of injury and reduced performance in daily activities. **Objective:** To compare, using electromyography, which portions of the quadriceps muscle exhibit greater activity during specific exercises in sedentary individuals and physically active individuals. **Methods:** The sample comprised 18 healthy volunteers, aged 20-30 years, with no comorbidities, divided into two groups: sedentary (SED, n=9) and physically active (PAF, n=9). A portable MyoSytem-I PS4 electromyograph was used to assess quadriceps muscle activation. **Results:** During rest, conventional squat, and sumo squat conditions, the PAF group demonstrated significantly higher electromyographic activity ($p<0.05$) in the right rectus femoris. Conversely, during knee extension at 30° and 90°, the SED group exhibited significantly greater electromyographic activity ($p<0.05$) in the right rectus femoris. **Conclusion:** All these exercises are effective for strengthening with a focus on these muscles. The choice of exercise can be based on individual preference or the need to target a specific muscle belly.

Keywords: Quadriceps Muscle; Electromyography; Muscle Contraction.

Resumen

Introducción: El cuádriceps es un grupo muscular crucial utilizado en diversos tipos de ejercicios y actividades de la vida diaria. Además, las disfunciones de este grupo muscular aumentan el riesgo de lesión y la pérdida de rendimiento en las actividades cotidianas. **Objetivo:** Comparar, mediante electromiografía, qué porciones del músculo cuádriceps presentan mayor actividad en ejercicios específicos en individuos sedentarios y físicamente activos. **Métodos:** La muestra estuvo compuesta por 18 voluntarios sanos, con un rango de edad de 20 a 30 años, sin comorbilidades, distribuidos en dos grupos: sedentarios (SED, n=9) y físicamente activos (PAF, n=9). Se utilizó un electroneurógrafo portátil MyoSytem-I PS4 para evaluar la activación muscular del cuádriceps. **Resultados:** En las condiciones de reposo, sentadilla convencional y sentadilla sumo, el grupo PAF mostró una actividad electromiográfica significativamente mayor ($p<0.05$) en el recto femoral derecho. Por el contrario, durante la extensión de rodilla a 30° y 90°, el grupo SED obtuvo una mayor actividad electromiográfica con diferencia significativa ($p<0.05$) en el recto femoral derecho. **Conclusión:** Todos estos ejercicios son eficaces para el fortalecimiento con énfasis en estas musculaturas, pudiendo ser elegidos por preferencia o por la necesidad de enfocar en alguno de los vientres musculares.

Palabras clave: Músculo cuádriceps; Electromiografía; Contracción muscular.

1. Introdução

O quadríceps é um importante grupo muscular utilizado para atividades diárias, incluindo ficar em pé, sentar, subir escadas e caminhar. Portanto, o fortalecimento do quadríceps é fundamental para manter um bom nível de atividade física (Thongduang et al., 2022). A contração simultânea do reto femoral (RF) e do vasto lateral (VL) ocorre para estabilizar a articulação do joelho durante o movimento. A fraqueza do quadríceps é um fator de risco para o desenvolvimento e progressão da doença da articulação patelofemoral e da osteoartrite do joelho (Oiestad et al., 2015; Strazza et al., 2017).

O agachamento é altamente complexo de executar e exige um alto nível de controle corporal durante sua execução. Além disso, é considerado um exercício altamente eficaz para o desenvolvimento de força nos membros inferiores e é amplamente utilizado em treinamentos e reabilitação para fortalecer o músculo quadríceps. No entanto, ainda há muito debate sobre qual porção do músculo quadríceps é ativada em exercícios de cadeia cinemática aberta e fechada (Sberse, Zapparoli & Brodt, 2022).

No entanto, compreender a atividade muscular é necessário para o planejamento de programas de fortalecimento do quadríceps. Agachamentos e exercícios de extensão de joelho são amplamente utilizados para fortalecer o quadríceps em programas de treinamento para indivíduos com dor no joelho e fraqueza no quadríceps.

Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar, por meio da eletromiografia, quais das porções do músculo quadríceps apresentam maior ativação muscular durante exercícios de recrutamento muscular do quadríceps, comparando a ativação eletromiográfica entre indivíduos sedentários e praticantes de atividade física.

2. Metodologia

Trata-se de um estudo observacional, transversal e, de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018) com uso de estatística descritiva simples com uso de classes de dados, valores de média e, desvio padrão (Shitsuka et al., 2014; Akamine & Yamamoto, 2009) e com uso de análise estatística (Vieira, 2021). Os dados foram coletados na Clínica Escola de Fisioterapia da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP. Este estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CAEE - 51919921.8.0000.5498 - número de aprovação - 5.191.006). O estudo foi realizado em conformidade com as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

A amostra do estudo envolveu 18 voluntários, sendo nove sedentários (S) e nove fisicamente ativos (PA), com idade entre 20 e 30 anos, saudáveis e sem comorbidades. Eles foram orientados sobre os procedimentos e exercícios aplicados, sobre o objetivo da pesquisa, sobre o caráter voluntário de sua participação e sobre a possibilidade de desistência a qualquer momento durante sua participação na pesquisa. Além disso, quaisquer dúvidas que surgiram antes, durante e após o procedimento foram esclarecidas.

Os critérios de inclusão para praticantes de atividade física: idade entre 20 e 30 anos, de ambos os sexos, sem comorbidades e praticantes de atividade física por, no mínimo, 180 minutos por semana. Os critérios de inclusão para sedentários: ambos os sexos, idade entre 20 e 30 anos, não praticantes de atividade física há, no mínimo, 6 meses e sem comorbidades. Os critérios de exclusão incluem o uso de medicamentos analgésicos e anti-inflamatórios, patologias e disfunções em membros inferiores, histórico de doenças associadas, pós-COVID-19 e para participantes ativos que não praticam atividade física por menos de 180 minutos por semana.

Inicialmente, os indivíduos foram avaliados por meio de coleta de dados e anamnese, sendo orientados sobre o protocolo de orientação, bem como os possíveis riscos, e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A anamnese foi realizada para obtenção de dados pessoais como altura, peso, idade, nome completo e para confirmação de ausência de patologias no joelho.

A eletromiografia foi utilizada para avaliar a ativação muscular do quadríceps e comparar quais músculos foram mais ativados em diferentes exercícios. Os eletrodos foram posicionados bilateralmente na região do quadríceps e conectados a um eletromiógrafo portátil MyoSytem-I PS4, que possui doze canais (oito canais EMG e quatro canais auxiliares) e software para armazenamento e controle dos dados. A coleta de dados foi realizada utilizando eletrodos que foram colocados de forma não invasiva na região do quadríceps em ambos os membros inferiores do paciente, seguindo a padronização SENIAM (Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles). Os exercícios selecionados foram solicitados e os resultados foram comparados com os de outros indivíduos.

Os eletrodos utilizados foram eletrodos ativos diferenciais simples, com dois contatos de 10,0 x 1,0 mm e distância de 10,0 mm entre eles, confeccionados em prata e fixados em encapsulamento de resina de 40 x 20 x 5 mm. Os eletrodos foram posicionados sobre os músculos Vasto Lateral (VL), Vasto Medial (VM) e Reto Femoral (RF) (Figura 1). Os eletrodos foram posicionados por meio da manobra de contração voluntária segundo Cram et al (1998). Para avaliar a ação do quadríceps nos últimos 30° de extensão, o indivíduo foi posicionado em decúbito dorsal, com um rolo sob a articulação do joelho para posicionamento no ângulo correto durante a mensuração.

O exercício de agachamento convencional (Figura 2:1) é considerado um exercício de cadeia cinemática fechada e um exercício funcional, por isso ocorre naturalmente na vida cotidiana e é realizado por meio da flexão e extensão das articulações do quadril, joelho e tornozelo. A força necessária para a execução deste exercício se manifesta na parte distal dos membros inferiores enquanto estes estão fixos ao solo. O agachamento é realizado pela contração de múltiplos grupos musculares,

especialmente (quadríceps, glúteos, isquiotibiais e eretores da coluna), que podem atuar de forma isométrica ou dinâmica (Marchetti et al., 2013).

Neste estudo, o foco será exclusivamente na ativação do músculo quadríceps durante o exercício. Este grupo muscular é o principal utilizado neste exercício, sendo o VL o que apresenta maior ativação durante o movimento entre os outros quatro músculos deste grupo (Clark, Lambert & Hunter, 2012).

O agachamento sumô (Figura 2:2) também é um exercício de cadeia fechada, como o agachamento convencional. No entanto, a diferença é que, em vez de deixar os membros inferiores paralelos aos ombros, eles permanecem em leve abdução e rotação externa, e os pés ficam perpendiculares (Escamilla et al., 2000; Cortella et al., 2021). A ativação muscular predominante é a do VL e do VM, e ambos apresentam maior ativação muscular em ângulos de flexão do joelho de 61 a 90° (Escamilla et al., 2002).

Figura 1 – (1) posicionamento dos eletrodos superficiais na região do vasto lateral, vasto medial e reto femoral; (2) aparelho MyoSystem EMG.



Fonte – Acervo pessoal.

O último exercício é dividido em duas etapas: a primeira consiste em uma extensão de joelho de 90° a 0° e a segunda parte de 30° a 0° de extensão (Figura 2: 3;4). Caracteriza-se como um exercício de cadeia cinemática aberta e os principais músculos do quadríceps envolvidos são: VL, VM e RF (Takahashi, 2006).

A primeira etapa é realizada sentado, de modo que os membros inferiores fiquem a 90° da superfície (maca ou cadeira), e a segunda parte é realizada na posição DD na maca, com um rolo abaixo do joelho, de modo que haja 30° de flexão para realizar a extensão. Os exercícios foram realizados isometricamente por 10 segundos, com um intervalo de 1 minuto entre cada exercício.

Figura 2 – (1) posição de agachamento convencional; (2) posição de agachamento sumô; (3) extensão de joelho DD 30°-0°; (4) extensão de joelho sentado 90°-0°.



Fonte – Acervo pessoal.

O software SPSS Statistics v.23 (IBMR) foi utilizado para aplicar o Teste ANOVA com nível de significância de 95% ($p<0,05$) sobre os dados relacionados à atividade eletromiográfica dos músculos vasto medial (VM), vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) nos movimentos de agachamento convencional, agachamento sumô, extensão de joelho a 90° e extensão de joelho a 30°. Os dados eletromiográficos capturados de cada porção muscular durante os exercícios foram normalizados, dividindo-se pelo seu valor de repouso. Com base nisso, os dados foram tratados por meio de um procedimento estatístico descritivo, calculando-se a média móvel e o desvio padrão, com intervalo de confiança de 95% e nível de significância de $p<0,05$.

3. Resultados

A Tabela 1 contém dados sobre a atividade eletromiográfica dos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral durante o repouso, agachamento convencional, extensão de joelho a 300m, extensão de joelho a 900m e agachamento sumô, comparando os grupos PA e S. Na condição de repouso, o grupo PA apresentou maior atividade eletromiográfica nos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral bilateralmente em relação ao grupo S.

Contudo, o reto femoral do lado direito apresentou diferença significativa ($p<0,05$). No agachamento convencional, o grupo PA apresentou maior atividade eletromiográfica no músculo reto femoral do lado direito com diferença significativa ($p<0,05$). Já o grupo PA apresentou maior atividade eletromiográfica sem diferença significativa nos músculos vasto medial direito, vasto lateral direito e vasto lateral esquerdo. O grupo S obteve maior atividade eletromiográfica no vasto medial esquerdo sem diferença significativa.

No agachamento convencional, o grupo PA apresentou maior atividade eletromiográfica no músculo reto femoral do lado direito, com diferença significativa ($p<0,05$). No entanto, o grupo PA apresentou maior atividade eletromiográfica, sem diferença significativa, nos músculos vasto medial direito, vasto lateral direito e vasto lateral esquerdo. O grupo S obteve maior atividade eletromiográfica no vasto medial esquerdo, sem diferença significativa.

Na extensão de joelho a 300m, o grupo S obteve maior atividade eletromiográfica, com diferença significativa ($p<0,05$) no reto femoral direito. Além disso, os músculos vasto medial e vasto lateral do lado direito obtiveram maiores atividades eletromiográficas no grupo S, porém sem diferença significativa. No lado esquerdo, o grupo S obteve maior atividade eletromiográfica nos músculos vasto lateral. O grupo PA do lado esquerdo obteve maior atividade eletromiográfica nos músculos reto femoral e vasto medial, porém sem diferença significativa.

Na extensão de joelho a 900m, o grupo S obteve maior atividade eletromiográfica com diferença significativa ($p<0,05$) no vasto lateral. Além disso, no grupo S, o reto femoral e o vasto medial direito obtiveram maiores atividades eletromiográficas, porém sem diferença significativa. O reto femoral e o vasto lateral esquerdo apresentaram maior atividade eletromiográfica no grupo S e no grupo PA o músculo vasto medial obteve maior atividade eletromiográfica, porém sem diferença significativa.

No agachamento sumô, o grupo PA apresentou maior atividade eletromiográfica no reto femoral direito com diferença significativa ($p<0,05$). Os músculos vasto medial e lateral do lado direito do grupo PA apresentaram maior atividade eletromiográfica, porém sem diferença significativa. No lado esquerdo do grupo PA, os músculos reto femoral e vasto lateral e o vasto medial do grupo S apresentaram maior atividade eletromiográfica.

Tabela 1 – Dados referentes à média e erro padrão dos valores de atividade eletromiográfica (mV) dos músculos reto femoral bilateral, vasto medial e vasto lateral nas condições de repouso, agachamento convencional, extensão de joelho a 300, extensão de joelho a 900 graus e agachamento sumô correlacionados aos indivíduos sedentários e praticantes de atividade física.

Grupos		Reto femoral		Vasto medial		Vasto lateral	
		M±EP	p	M±EP	p	M±EP	p
Repouso D	PA	5,19±1,26	0,02	4,09±0,94	0,07	3,43±0,77	0,08
	S	2,04±0,08		2,26±0,10		1,99±0,10	
Repouso E	PA	4,71±1,09	0,37	4,77±0,63	0,55	5,55±1,84	0,24
	S	3,48±0,75		4,04±0,99		3,19±0,53	
AC D	PA	0,05±0,02	0,04	0,04±0,01	0,23	0,04±0,01	0,21
	S	0,02±0,00		0,03±0,00		0,02±0,00	
AC E	PA	0,04±0,01	0,83	0,12±0,08	0,47	0,06±0,02	0,46
	S	0,03±0,01		0,06±0,02		0,04±0,01	
EJ D 30°	PA	0,12±0,02	0,01	0,53±0,43	0,32	0,11±0,04	0,19
	S	0,05±0,01		0,08±0,02		0,05±0,01	
EJ E 30°	PA	0,08±0,01	0,54	0,16±0,06	0,78	0,10±0,03	0,79
	S	0,11±0,05		0,13±0,05		0,09±0,02	
EJ D 90°	PA	0,14±0,04	0,06	0,13±0,03	0,08	0,10±0,02	0,05
	S	0,06±0,01		0,07±0,02		0,05±0,01	
EJ E 90°	PA	0,11±0,02	0,94	0,22±0,10	0,27	0,12±0,03	0,27
	S	0,12±0,04		0,11±0,03		0,08±0,02	
SUMO D	PA	0,05±0,01	0,04	0,04±0,01	0,13	0,03±0,01	0,14
	S	0,02±0,00		0,02±0,00		0,02±0,00	
SUMO E	PA	0,03±0,01	0,30	0,11±0,06	0,28	0,05±0,02	0,29
	S	0,02±0,00		0,04±0,01		0,03±0,01	

Legenda: AC, agachamento convencional; EJ, extensão de joelho; PA, praticante de atividade; S, sedentário; D, direito; E, esquerdo; M, média; EP, erro padrão. Fonte: Elaborado pelos Autores.

4. Discussão

O presente estudo não utilizou cargas externas para observar a atividade eletromiográfica com o próprio peso do paciente. Isso evitaria maior sobrecarga muscular, evidenciando a qualidade da contração diária tanto do PA quanto do S. Assim, foi possível observar qual ventre seria mais recrutado em cada exercício sem que o peso influenciasse ou alterasse a distribuição de tarefas de cada ventre.

Em repouso, o grupo PA apresentou maior atividade eletromiográfica nos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral dos lados direito e esquerdo. Entretanto, o músculo reto femoral do lado direito apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo sedentário. O músculo condicionado e treinado realiza menos disparos da placa motora em relação a um músculo não treinado, segundo Duez et al. (2010) as amplitudes do sinal da eletroneuromiografia foram significativamente maiores em indivíduos treinados em comparação aos indivíduos não treinados.

A amplitude EMG reflete o nível de ativação muscular, influenciado pelo número de unidades motoras ativas e sua frequência de disparo. Em repouso, o grupo PA apresentou maior atividade eletromiográfica dos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral. No entanto, apenas o músculo reto femoral do lado direito apresentou diferença significativa ($p > 0,05$). Parece que a atividade EMG é afetada de forma diferente em uma tarefa estática e dinâmica. Isso pode ser devido a fatores físicos e anatômicos que afetam a amplitude EMG durante uma ação dinâmica e não durante uma ação estática. No entanto, durante ações dinâmicas, as unidades motoras são recrutadas com mais frequência e com menor nível de força, provavelmente devido a diferentes programações centrais. Além disso, uma ação dinâmica pode envolver a ativação de muitos músculos sinérgicos e antagonistas, que devem ser coordenados ao longo do movimento (Smilos, Hakkinen, Tokmakidis, 2010).

Nos exercícios em OKC, no movimento isométrico de extensão do joelho a 30 graus sem carga adicional, o grupo S obteve maior atividade eletromiográfica nos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral do lado direito. No lado esquerdo, o reto femoral e o vasto medial obtiveram maior atividade eletromiográfica no grupo PA e no vasto lateral no grupo S. Entretanto, o músculo reto femoral do lado direito do grupo S apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo PA. Na extensão do joelho a 90 graus, o grupo S obteve maiores atividades eletromiográficas nos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral do lado direito. No lado esquerdo, o reto femoral e o vasto lateral obtiveram maior atividade eletromiográfica no grupo S e no vasto medial no grupo PA. Entretanto, o músculo vasto lateral do lado direito do grupo S apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo PA. Diversas investigações anteriores relataram amplitude EMG semelhante dos músculos vastos durante a extensão do joelho em OKC (Ema et al., 2016).

As diferenças nas amplitudes EMG entre exercícios uniarticulares e multiarticulares parecem variar dependendo do exercício. Exercícios uniarticulares são considerados mais fáceis de aprender para iniciantes, apresentam menor risco de lesões e são mais adequados para atingir músculos específicos, o que pode ser indicado para hipertrofia (Gentil, Fisher, Steele, 2017). Exercícios multiarticulares são mais complexos porque envolvem múltiplos grupos musculares e articulações, permitindo o levantamento de uma carga externa maior (Paoli et al., 2017). Outro estudo relatou um aumento na amplitude EMG dos músculos reto femoral e vasto durante a extensão isométrica e isotônica do joelho em CAC (Stien, Saeterbakken, Andersen, 2021).

De acordo com Ema et al. (2016), as amplitudes EMG do músculo reto femoral foram reduzidas durante o leg press em comparação com a extensão do joelho. Como a função muscular contribui para a flexão do quadril, bem como para a extensão do joelho, não é surpreendente que a atividade muscular seja regulada negativamente durante o leg press para permitir a extensão simultânea do joelho e do quadril.

Exercícios de cadeia cinética fechada (CC) são igualmente eficazes na produção de força no quadríceps femoral quando comparados aos exercícios de cadeia cinética aberta (CCA). Entre os exercícios de CC, o agachamento demonstrou ser eficaz no aumento da atividade do quadríceps (Sousa et al., 2007; Slater et al., 2017). Ensaios clínicos sugerem que os programas de CC

produzem aumento de força e desempenho funcional. Um programa de fortalecimento isométrico de 4 semanas demonstrou melhora significativa na força do quadríceps e na função do joelho (Norozián et al., 2023).

De acordo com Thongduang et al. (2022), existem diferenças nas atividades dos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral entre exercícios de quadríceps em cadeias cinéticas fechadas e abertas. As atividades máximas dos músculos vasto medial e reto femoral foram demonstradas durante exercícios convencionais de agachamento.

O treinamento de força pode causar alterações adaptativas no sistema nervoso que permitem ao indivíduo aumentar a ativação muscular em movimentos específicos e coordenar melhor a ativação de todos os músculos. Estudos eletromiográficos demonstraram que aumentos no pico de força e na taxa de desenvolvimento de força estão associados ao aumento da ativação dos músculos motores primários (Sale, 1998).

No estudo de Stensdotter et al. (2003) sobre extensão de joelho em CCF, o início da atividade EMG das quatro diferentes porções musculares do quadríceps foi mais simultâneo do que em CCF. Em CCF, o reto femoral teve o início EMG mais precoce, enquanto o vasto medial foi ativado por último e com menor amplitude do que em CCF. O exercício em CKC promove uma ativação inicial mais equilibrada do quadríceps do que o exercício em OKC.

Coqueiro et al. (2005), analisaram a eletromiografia dos músculos vasto medial e vasto lateral no exercício de semi-agachamento com e sem adução do quadril em mulheres saudáveis e em mulheres com síndrome da dor patelofemoral (SDFP) (sem qualquer dano musculoesquelético no joelho), observando-se que houve aumento da atividade dos músculos vasto medial e vasto lateral quando associado ao agachamento com adução.

Escamilla et al. (2002) realizaram uma avaliação eletromiográfica dos músculos vasto lateral e vasto medial no agachamento sumô e levantamento terra com peso de 18,6 kg, em atletas universitários de futebol com média de idade de 20 anos. Observou-se que o agachamento sumô apresentou maior atividade eletromiográfica dos músculos vasto lateral e vasto medial quando comparado ao levantamento terra.

No estudo de Ribeiro et al. (2005), avaliaram homens praticantes de atividade física regularmente, que não apresentavam lesões no joelho ou quadríceps, ângulo Q fora da faixa de 10-15°, com massa média de $73,7 \pm 7,1$ kg e altura média de $1,74 \pm 0,03$ m. Analisaram a atividade eletromiográfica dos músculos vasto medial, vasto lateral, vasto intermediário e reto femoral no exercício de extensão de joelho de 0° a 90°, em VD com resistência gerada por tubo elástico. Observaram que não houve predominância de ativação muscular entre os vastos, mostrando uma ação sinérgica entre os músculos. Este resultado difere do presente estudo, pois o ventre VL foi predominante juntamente com o RF, porém, a faixa etária do estudo em questão não foi informada, bem como apenas homens foram avaliados, o que pode trazer divergências com o presente estudo.

Ao comparar a ativação dos grupos PA e S, observou-se que o grupo S apresentou maior atividade eletromiográfica que o PA. No entanto, devemos considerar que quando a atividade física é realizada com frequência, há um aumento no número de fibras musculares e consequente aumento de força. Portanto, quando colocamos o PA e o S para fazer um exercício, o PA precisará de menos disparos de fibras musculares em comparação ao S. Isso porque a pessoa sedentária não tem força suficiente para manter o exercício, recrutando todas as fibras e se cansando rapidamente, enquanto a pessoa treinada precisa de menos ativação para fazer o mesmo exercício, pois está acostumada a fazê-lo com uma carga maior.

Este estudo não utilizou nenhum tipo específico de aquecimento para os participantes antes da coleta de dados, para que a resposta de ativação muscular não fosse alterada ou aumentada. Dessa forma, conseguimos avaliar a ativação do exercício com os músculos vindo do repouso, proporcionando mais confiabilidade na resposta de ativação muscular. Seria interessante realizar estudos que envolvessem a avaliação do vasto do quadríceps antes e depois do aquecimento muscular. Assim, avaliaríamos quais mudanças o aquecimento pode trazer e estudaríamos se os músculos conseguem atingir o nível mais próximo de sinergia durante o exercício, sem que haja uma barreira proeminente.

5. Conclusão

Observou-se que os ventres musculares RF e VL apresentaram as maiores ativações durante os exercícios propostos. Assim, no exercício de agachamento, o RF apresentou a maior ativação e o VL a segunda maior ativação; no exercício sumô, tanto o RF quanto o VL apresentaram maior ativação; na extensão de 30°, o RF e o VL obtiveram predominância, e na extensão de 90°, o VL se destacou. Assim, todos esses exercícios são eficazes para o fortalecimento com foco nesses músculos, podendo ser escolhidos por preferência ou pela necessidade de foco em um dos ventres musculares. Entretanto, estudos são necessários para compreender o recrutamento muscular nos diferentes exercícios para otimizar o processo de fortalecimento e reabilitação.

Referências

- Akamine, C. T. & Yamamoto, R. K. (2009). Estudo dirigido: estatística descritiva. (3ed). Editora Érica.
- Clark, D. R., Lambert, M. I. & Hunter, A. M. (2012). Muscle activation in the loaded free barbell squat: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi:10.1519/JSC.0b013e31822d533d.
- Coqueiro, K. R. R. et al. (2005). Analysis on the activation of the VMO and VLL muscles during semisquat exercises with and without hip adduction in individuals with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 15 (6): 596–603. doi: 10.1016/j.jelekin.2005.03.001.
- Coratella, G. et al. (2021). The Activation of Gluteal, Thigh, and Lower Back Muscles in Different Squat Variations Performed by Competitive Bodybuilders: Implications for Resistance Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18 (2): 772. doi:10.3390/ijerph18020772.
- Duez, L. et al. (2010). Electrophysiological characteristics of motor units and muscle fibers in trained and untrained young male subjects. *Muscle Nerve*. 42 (2): 177-83. doi:10.1002/mus.21641.
- Ema, R., Sakaguchi, M., Akagi, R., Kawakami, Y. (2016). Unique activation of the quadriceps femoris during single- and multi-joint exercises. *Eur J Appl Physiol*. 16 (5): 1031-41. doi:10.1007/s00421-016-3363-5.
- Escamilla, R. F. et al. (2000). A three-dimensional biomechanical analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Medicine and science in sports and exercise*. 32 (7): 1265-75. doi:10.1097/00005768-200007000-0013.
- Escamilla, R. F. et al. (2002). An electromyographic analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Medicine and science in sports and exercise*. 34 (4): 682-8. doi:10.1097/00005768-200204000-00019.
- Gentil, P., Fisher, J. & Steele, J. (2017). A Review of the Acute Effects and Long-Term Adaptations of Single- and Multi-Joint Exercises during Resistance Training. *Sports Med*. 47 (5): 843-55. doi:10.1007/s40279-016-0627-5.
- Jakobsen, T. L. et al. (2019). Quadriceps muscle activity during commonly used strength training exercises shortly after total knee arthroplasty: implications for home-based exercise-selection. *J Exp Orthop*. 6(1):29. doi: 10.1186/s40634-019-0193-5.
- Marchetti, P. H. et al. (2013). Aspectos neuromecânicos do exercício agachamento. *Revista CPAQV—Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida*. 5 (2). doi:10.13037/RBCS.VOL8N26.1086.
- Norozian, B. et al. (2023). Recovery of Quadriceps Strength and Knee Function Using Adjuvant EMG-BF After Primary ACL Reconstruction. *J Lasers Med Sci*. 14: e6. doi:10.34172/jlms.2023.06.
- Øiestad, B. E. et al. (2015). Knee extensor muscle weakness is a risk factor for development of knee osteoarthritis. A systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*. 23(2):171-7. doi:10.1016/j.joca.2014.10.008.
- Paoli, A. et al. (2017). Resistance Training with Single vs. Multi-joint Exercises at Equal Total Load Volume: Effects on Body Composition, Cardiorespiratory Fitness, and Muscle Strength. *Front Physiol*. 8: 1105. doi:10.3389/fphys.2017.01105.
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Ed.UAB/NTE/UFSM. Ribeiro, D. C. et al. (2005). Análise eletromiográfica do quadríceps durante a extensão do joelho em diferentes velocidades. *Acta Ortopédica Brasileira*. 13 (4): 189-93. doi: 10.1590/S1413-78522005000400008.
- Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*. 20(5 Suppl):S135-45. doi: 10.1249/00005768-198810001-00009.
- Sberse, R. T., Zapparoli, L.B. & Brodt, G.A. (2022). The squat exercise recruits core muscles as much as localized exercises. *Fisioterapia em Movimento*. 37: e37103. doi: 10.1590/fm.2024.37103.
- Shitsuka et al. (2014). Matemática fundamental para a tecnologia. São Paulo: Ed. Érica. Slater, L. V. & Hart, J. M. (2017). Muscle Activation Patterns During Different Squat Techniques. *J Strength Cond Res*. 31 (3): 667-76. doi:10.1519/JSC.0000000000001323.
- Smilios, I., Häkkinen, K. & Tokmakidis, S.P. (2010). Power output and electromyographic activity during and after a moderate load muscular endurance session. *J Strength Cond Res*. 24 (8): 2122-31. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a5bc44.
- Sousa, C. de O. et al. (2007). Atividade eletromiográfica no agachamento nas posições de 40°, 60° e 90° de flexão do joelho. *Rev Bras Med Esporte*. 13 (5): 310–6. doi:10.1590/S1517-86922007000500006.

- Stensdotter, A-K., et al. (2003). Quadriceps Activation in Closed and in Open Kinetic Chain Exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35 (12): 2043–7. doi: 10.1249/01.MSS.0000099107.03704.AE.
- Stien, N., Saeterbakken, A. H. & Andersen, V. (2021). Electromyographic Comparison of Five Lower-Limb Muscles between Single- and Multi-Joint Exercises among Trained Men. *J Sports Sci Med.* 20 (1): 56-61. doi:10.52082/jssm.2021.56.
- Strazza, A. et al. (2017). Surface-EMG analysis for the quantification of thigh muscle dynamic co-contractions during normal gait. *Gait Posture.* 228-33. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.11.003.
- Takahashi, L. S. (2006). O. Análise da relação entre eletromiografia e força do músculo quadríceps em exercícios resistido. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. doi:10.11606/D.82.2006.tde-30072007-172711.
- Thongduang P. et al. (2022). Quadriceps Electromyographic Activity in Closed and Open Kinetic-Chain Exercises with Hip-Adductor Co-Contraction in Sedentary Women. *Int J Environ Res Public Health.* 19 (19): 12929. doi: 10.3390/ijerph191912929.
- Vieira, S. (2021). Introdução à bioestatística. Ed.GEN/Guanabara Koogan.