


O exercício de agachamento recruta músculos do tronco tanto quanto exercícios localizados

The squat exercise recruits core muscles as much as localized exercises

Ricardo Tieppo Sberse 

Laura Buzin Zapparoli 

Guilherme Auler Brodt 

Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS, Brasil

Data da primeira submissão: Junho 14, 2023

Última revisão: Agosto 29, 2023

Aceito: Outubro 30, 2023

*Correspondência: lbzapparoli@ucs.br

Resumo

Introdução: No contexto do treinamento resistido, que engloba tanto o fortalecimento quanto a reabilitação, a incorporação de exercícios de alcance global demanda uma intensa ativação dos grupos musculares do tronco, os quais desempenham um papel primordial na estabilização corporal. O agachamento, notório por sua complexidade e eficácia na ativação dos estabilizadores durante a execução, suscita uma questão central: se o agachamento recruta de forma mais acentuada a musculatura do tronco comparativamente a exercícios localizados, tais como flexões e extensões do tronco.

Objetivo: Identificar o grau de ativação dos músculos do tronco durante o agachamento e confrontá-lo com exercícios localizados para a musculatura do tronco: lombar e abdominal. **Métodos:** Através da aplicação da eletromiografia de superfície, avaliou-se a ativação dos músculos iliocostal, multifido, oblíquo interno, oblíquo externo e reto abdominal. A amostra englobou 16 voluntários de ambos os gêneros, fisicamente ativos. Empregou-se um teste t de medidas repetidas ($\alpha < 0,05$) como método de análise. **Resultados:** Os músculos iliocostal, multifido e oblíquo interno manifestaram níveis semelhantes de ativação tanto no agachamento quanto em seus respectivos exercícios isolados, enquanto os músculos reto abdominal e oblíquo externo apresentaram maior atividade durante a flexão do tronco. **Conclusão:** É possível inferir que o agachamento se configura como um exercício eficaz para o treinamento do iliocostal, multifido e oblíquo interno, enquanto os exercícios localizados se revelam mais indicados para o fortalecimento do oblíquo externo e dos músculos reto abdominais. Tais conclusões podem contribuir para a otimização do planejamento de sessões de exercícios, mediante a substituição de exercícios isolados de tronco pelo agachamento.

Palavras-chave: Abdominal. Eletromiografia. Vértebras lombares.

Abstract

Introduction: In the context of resistance training, which encompasses both strengthening and rehabilitation, the incorporation of global range exercises demands intense activation of the trunk muscle groups, which play a primary role in body stabilization. The squat, notorious for its complexity and effectiveness in activating stabilizers during execution, raises a central question: whether this exercise recruits the muscles more significantly compared to localized exercises, such as push-ups and trunk extensions. **Objective:** To identify the degree of activation of the trunk muscles during squats and compare it with localized exercises for the trunk muscles: lumbar and abdominal. **Methods:** Using surface electromyography, the activation of the iliocostalis, multifidus, internal oblique, external oblique and rectus abdominis muscles was evaluated. The sample included 16 physically active volunteers of both sexes. A repeated measures t-test ($\alpha < 0.05$) was used as an analysis method. **Results:** The iliocostalis, multifidus and internal oblique muscles showed similar levels of activation both in the squat and in their respective isolated exercises, while the rectus abdominis and external oblique muscles showed greater activity during trunk flexion. **Conclusion:** It is possible to infer that squats are an effective exercise for training the iliocostalis, multifidus and internal oblique muscles, while localized exercises are more suitable for strengthening the external oblique and rectus abdominis muscles. Such conclusion can contribute to optimizing the planning of exercise sessions by replacing isolated trunk exercises with squats.

Keywords: Abdominal. Electromyography. Lumbar spine.

Introdução

O agachamento é amplamente reconhecido por sua complexidade de execução e pela alta exigência de controle corporal que demanda durante o seu desempenho.¹ Além disso, é considerado um exercício altamente eficaz para o desenvolvimento da força nos membros inferiores.² Este exercício é classificado como global, uma vez que engaja músculos tanto dos membros inferiores quanto do tronco em sua realização. A versatilidade do agachamento é evidenciada por suas variadas versões, as quais são amplamente praticadas nas academias.³ Seu estudo estende-se à sua aplicação em superfícies instáveis,⁴ bem como à utilização de

acessórios como a barra de segurança⁵ e a barra guiada,⁶ a fim de compreender o impacto de diferentes abordagens no sistema neuromuscular. Ademais, o agachamento é uma opção atrativa devido à sua capacidade de recrutar simultaneamente músculos dos membros inferiores e do tronco, o que otimiza o tempo de treinamento. É plausível que o agachamento possa suprir a necessidade de treinamento das musculaturas que normalmente são alvo de exercícios isolados para o tronco. Entretanto persiste a necessidade de investigar minuciosamente a dinâmica das musculaturas do tronco durante a realização do agachamento.

A utilização de diferentes barras para sua execução, como a barra de segurança e a barra reta tradicional, não causa alterações importantes na ativação muscular de membros inferiores e de tronco.⁵ A utilização de superfícies instáveis (como o bosu ou discos de equilíbrio) durante o agachamento, a fim de aumentar a instabilidade, pode não afetar o recrutamento da musculatura estabilizadora do tronco ou de membros inferiores.^{7,8} Durante o agachamento na máquina Smith Machine, com joelhos fletidos a 70° ou 90°, os músculos de membros inferiores apresentam o mesmo recrutamento.⁴ Além do recrutamento de músculos do membro inferior e tronco serem objeto de estudo durante o agachamento, exercícios específicos para a região do tronco também têm sido estudados. Rita et al.⁹ relatam que abdominais convencionais ou com a utilização de equipamento não apresentaram diferenças nas atividades eletromiográficas dos músculos reto abdominal e oblíquo externo. Segundo Martins et al.,⁸ existe inclusive interação entre a postura e o recrutamento da musculatura do tronco durante exercícios abdominais, onde a alteração do posicionamento da pelve é capaz de alterar o recrutamento de músculos como o íliaco e o oblíquo interno.

Diante das indagações anteriormente delineadas, emerge uma inquietação na literatura pertinente à relação entre o recrutamento dos músculos posturais no contexto do agachamento e dos exercícios direcionados à musculatura do tronco. Nesse contexto, torna-se notório e relevante o empreendimento de investigações voltadas à compreensão detalhada do recrutamento muscular inerente tanto à execução do agachamento quanto à realização de exercícios visando a mesma musculatura do tronco. Essa empreitada visa preencher uma lacuna de entendimento, oferecendo perspicácia científica para informar recomendações embasadas

em evidências no que tange a escolha de exercícios. À luz dessa justificativa, o presente estudo abraça o objetivo de comparar os níveis de atividade muscular nos músculos do tronco no contexto da execução do exercício de agachamento e em exercícios isolados de flexão e extensão do tronco.

Métodos

Participou deste estudo um grupo de 16 voluntários, com idades compreendidas entre 18 e 32 anos, caracterizados por serem praticantes ativos de treinamento resistido, realizando sessões com frequência mínima de duas vezes semanais. O presente protocolo de pesquisa recebeu a aprovação do Comitê de Ética da Universidade de Caxias do Sul (CAAE 47719221.6.0000.5341). Não verificou-se histórico cirúrgico nos membros inferiores ou na coluna dos participantes. A análise da atividade eletromiográfica abrangeu músculos específicos, a saber: oblíquo interno (OI), oblíquo externo (OE), reto abdominal (RA), multifídeos (MU) e iliocostais (IC). O posicionamento dos eletrodos, em configuração bipolar, e os procedimentos de preparação da pele aderiram às diretrizes propostas pelo SENIAM.¹⁰ Referentemente aos músculos abdominais, o estudo de Queiroz et al.¹¹ foi adotado como ponto de referência para a adequada colocação dos eletrodos.

Para a condução do procedimento de coleta de dados, procedeu-se, inicialmente, a um breve aquecimento de natureza geral. Posteriormente, os participantes foram orientados a executar os exercícios de agachamento, flexão de tronco e extensão de tronco sem carga, visando a familiarização com os movimentos e a preparação específica das musculaturas em questão. Uma vez concluída essa fase, determinou-se a carga a ser adotada para a realização do exercício de agachamento por cada voluntário, tendo como parâmetro a carga que permitisse a realização precisa de 10 repetições máximas (10 RM). Constatou-se que o ponto de interrupção se dava quando o voluntário apresentava notáveis alterações no posicionamento pélvico, lombar ou torácico durante a execução do exercício, ou quando não era mais possível realizar repetições. Durante todo o processo de determinação da carga, dois avaliadores se posicionavam ao lado do voluntário, fornecendo incentivos verbais e monitorando a execução das repetições, em consonância com o intuito de assegurar

a segurança do procedimento. Subsequente à etapa anterior, procedeu-se à avaliação das contrações isométricas voluntárias máximas (CVM) dos músculos de interesse. As orientações para essa avaliação foram pautadas nas recomendações propostas pelo SENIAM¹⁰ e no direcionamento de Queiroz et al.¹¹

A sequência de procedimentos foi instaurada mediante a realização, em ordem aleatória, dos exercícios de agachamento, flexão de tronco e extensão de tronco. O exercício de flexão de tronco se efetivou com o indivíduo deitado sobre uma maca, com os joelhos flexionados, retendo anilhas nas mãos que se encontravam em extensão completa à frente e sobre o peito. Nesse contexto, empregou-se uma carga correspondente a 50% do valor utilizado no exercício de agachamento. Por sua vez, o exercício de extensão lombar foi implementado com o indivíduo em decúbito ventral sobre a maca, permitindo que o tronco se projetasse para fora da maca. Para sustentar tal posição, uma das extremidades do corpo permanecia fixada à maca por intermédio da intervenção de um dos avaliadores.

Durante a execução do exercício de agachamento e de extensão de tronco, um marcador reflexivo foi devidamente acomodado sobre a vértebra C7, enquanto no exercício de flexão de tronco o marcador foi alocado sobre a anilha. Este marcador desempenhou a função de possibilitar a determinação das repetições, demarcando o início e término de cada movimento. Para tanto, a coleta dos dados relativos à sua posição tridimensional foi realizada mediante a utilização do sistema de cinemetria Vicon (EUA). No que concerne a sincronização, o sinal eletromiográfico foi capturado em simultaneidade com a cinemetria por meio do sistema Telemyo 2400R G2 (Noraxon, EUA), a uma taxa de amostragem equivalente a 1500 Hz. Com o propósito de delinear as fases do movimento, utilizaram-se os picos de posição vertical junto aos pontos mais elevado e mais baixo. O protocolo compreendeu a realização de 10 repetições para cada exercício, sendo que apenas 8 repetições foram submetidas à análise, com as primeiras e últimas repetições excluídas do escopo de avaliação.

Para a análise dos dados eletromiográficos foram aplicados os filtros passa-banda Ideal (5 Hz a 500 Hz) e Butterworth (20 a 450 Hz, 4ª ordem) em todos os sinais eletromiográficos (exercício e CVM); calculou-se, então, o valor *root mean square* (RMS) de cada uma das repetições. O valor de RMS foi normalizado pela CVM.

A CVM foi processada com janelamento de 1 segundo, onde o pico de ativação da CVM foi computado. A normalização do sinal foi feita a partir dos valores da CVM. Realizou-se o teste estatístico teste T de medidas repetidas, com alfa adotado menor ou igual a 0,05. O software utilizado para análise foi o SPSS 17.0.

Resultados e discussão

As diferenças significativas entre as ativações dos músculos no exercício de agachamento e nos exercícios isolados foram percebidas no RA e no OI. Os demais músculos apresentaram uma pequena variação na ativação quando comparados aos exercícios localizados, no entanto sem diferenças significativas. Os resultados obtidos durante a coleta de dados estão expressos na Figura 1.

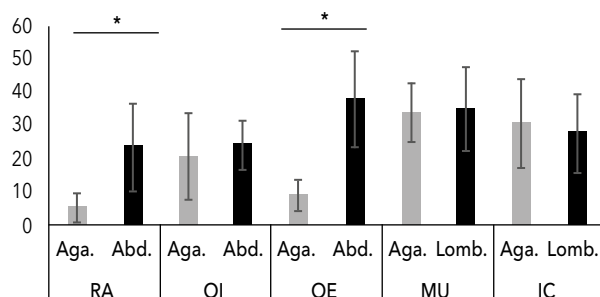


Figura 1 - Gráfico de resultados da atividade eletromiográfica, durante os exercícios de agachamento (colunas cinzas) e durante os exercícios específicos de flexão e extensão de tronco (colunas pretas).

Nota: Aga = agachamento; Abd = exercício abdominal (flexão de tronco); Lomb = exercício lombar (extensão de tronco); RA = reto abdominal; OI = oblíquo interno; OE = oblíquo externo; MU = multifido; IC = ílio costal.

O agachamento se distingue como um exercício de elevada complexidade, demandando proficiência no controle corporal para uma execução precisa e apropriada. Essa complexidade decorre da necessidade de recrutamento preciso de musculaturas voltadas à estabilização do movimento do tronco.^{9,12} Nesse contexto, o propósito central do presente estudo foi elucidar o grau de ativação dos músculos do tronco durante a realização do exercício de agachamento, além de

efetuar uma análise comparativa dessa ativação em relação a exercícios isolados direcionados para essa região muscular.

A ativação do OI foi de $20,4 \pm 13\%$ (média \pm desvio padrão) da CVM durante o agachamento e de $23,8 \pm 7,4\%$ da CVM durante a realização da flexão de tronco, o que mostrou relativa efetividade do exercício de agachamento para recrutar o OI, onde sua ativação é fundamental para aumentar a estabilidade da coluna lombar.¹² O agachamento mostrou-se eficiente também para os músculos posteriores, onde MU apresentou valores de $33,3 \pm 8,8\%$ da CVM para o agachamento e de $34,6 \pm 12,5\%$ para o exercício isolado de extensão de tronco. Os músculos que apresentaram diferenças foram: RA, que ativou $5,2 \pm 4,5\%$ da CVM durante o agachamento e $23,4 \pm 12,8\%$ no exercício isolado; e OE, com $8,9 \pm 4,7\%$ da CVM no agachamento e $37,6 \pm 14,2\%$ no exercício isolado. Essa diferença mostra que estes dois músculos parecem ser mais utilizados nesta situação de flexão do tronco em comparação ao agachamento, concordando com achados de estudos anteriores,¹³ ao contrário do que ocorreu para MU, OI e IC, que foram tão ativados durante o agachamento quanto nos exercícios mais específicos.

De acordo com as conclusões extraídas deste estudo, observa-se que os músculos OE e RA, os quais desempenham papéis proeminentes como agonistas no contexto da flexão de tronco, apresentam uma contribuição limitada enquanto estabilizadores durante a execução do exercício de agachamento. Uma característica unificadora entre todos os músculos investigados no âmbito deste estudo é o seu recrutamento isométrico durante a realização do exercício de agachamento, justificado pelo seu papel dominante no suporte à execução dos membros inferiores. Essa propensão ao recrutamento limitado pode ser atribuída à ênfase dada à atividade dos membros inferiores no exercício em questão. Por outro lado, o OI emerge como uma entidade de destaque no contexto da estabilização durante o exercício de agachamento. Sua considerável ativação neste contexto se associa ao seu relevante engajamento ao longo do movimento, adicionalmente à sua proximidade com a musculatura transverso do abdômen, região pivotal para a manutenção da integridade da coluna vertebral.¹⁴ A compreensão mais precisa desse mecanismo, no entanto, permanece como um ponto de interesse, uma vez que a amplificação da instabilidade nem sempre se correlaciona com incremento na ativação muscular.⁵

Através de uma investigação eletromiográfica, Hodges e Richardson⁵ estabeleceram que o músculo transverso abdominal é o primeiro a ser acionado durante movimentos dos membros inferiores e superiores, denotando sua posição fundamental na estabilização segmentar. A constatação desse estudo converge com os resultados aqui obtidos, reforçando a importância do músculo transverso abdominal como um componente crucial na manutenção da estabilidade, alinhando-se, assim, com os achados do presente estudo.

Boeckh-Behrens et al.¹ conduziram um estudo empregando a eletromiografia com o objetivo de avaliar uma variedade de exercícios, visando discernir quais apresentariam a melhor eficácia para o fortalecimento da musculatura do tronco. Os resultados desse estudo indicaram que o agachamento ocupou a segunda posição entre os exercícios com o mais alto grau de recrutamento dos músculos estabilizadores do tronco. Notadamente, os músculos com maior protagonismo na função de estabilização do tronco foram MU, transverso do abdômen e OI.^{3,12,13}

Os resultados obtidos no âmbito deste estudo ostentam significativas implicações práticas, uma vez que o agachamento pode ser enquadrado não apenas como um exercício de destaque no fortalecimento dos músculos MU, OI e IC, mas também como uma ferramenta eficaz para essa finalidade. Adicionalmente, o agachamento emerge como uma alternativa que propicia a otimização do tempo de treinamento, uma vez que a sua implementação pode levar à redução do volume de exercícios direcionados aos mencionados grupos musculares (MU, OI e IC). Essa abordagem ganha ainda mais relevância considerando-se a crescente ênfase concedida à estabilização e segurança da coluna vertebral no âmbito do treinamento físico. No contexto atual, a integridade da coluna vertebral tem se erigido como uma área de primordial preocupação para os profissionais do setor, consolidando-se como um aspecto crucial durante a condução de qualquer forma de exercício.¹⁶

A constatação de que determinados indivíduos não manifestam predisposição para a realização de exercícios direcionados aos músculos abdominais e lombares, seja em virtude de restrições físicas, razões médicas ou até mesmo por falta de interesse, reforça a pertinência de ponderar tal fato na seleção do exercício de agachamento para aprimorar a força dos músculos MU, IC e OI. Nesse contexto, o agachamento se delinea como uma alternativa promissora, considerando a

potencialidade de recrutamento muscular e a possibilidade de contornar eventuais limitações individuais.

Para a continuidade das investigações, sugere-se a exploração de outros exercícios, caracterizados também por sua complexidade e demanda considerável de controle postural. Essa abordagem pode revelar-se produtiva para identificar alternativas igualmente eficazes no treinamento dos estabilizadores da coluna vertebral, constituindo um tópico relevante para estudos futuros.

Conclusão

Este estudo proporcionou insights significativos no que se refere à eficácia do exercício de agachamento no recrutamento das musculaturas essenciais para a estabilização do tronco e proteção da coluna vertebral. Os resultados robustos e consistentes indicam que o agachamento se equipara, em termos de eficácia, aos exercícios isolados direcionados para os músculos MU, IC e OI. A confirmação de que o agachamento desempenha um papel fundamental no fortalecimento desses grupos musculares tem implicações práticas consideráveis para o campo do treinamento resistido e reabilitação. A possibilidade de obter benefícios similares aos proporcionados por exercícios isolados sugere que o agachamento pode ser adotado como um componente integral e eficaz em programas de treinamento voltados para a estabilização do tronco e segurança da coluna vertebral.

Os resultados ressaltam a importância de abordagens diversificadas e fundamentadas na pesquisa para o desenvolvimento de estratégias de treinamento mais eficazes. A contínua investigação nesse âmbito, explorando diferentes variações e contextos de aplicação do agachamento, pode contribuir para otimizar a prescrição de exercícios e aprimorar a abordagem terapêutica no âmbito clínico e esportivo.

Contribuição dos autores

RS e GAB foram responsáveis pela conceitualização, curadoria dos dados, investigação e, junto a LB, metodologia. LB e GAB administraram o projeto e redigiram, revisaram e editaram o artigo. GAB também foi responsável pela análise formal, recursos e supervisão. Todos os autores apovaram a versão final.

Referências

1. Boeckh-Behrens WU, Buskies W. Fitness-Krafttraining: Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit. Hamburgo: Rowohlt Taschenbuch; 2000. 480 p.
2. Escamilla RF. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(1):127-41. [DOI](#)
3. Hides JA, Stokes MJ, Saide M, Jull GA, Cooper DH. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 1994;19(2):165-72. [DOI](#)
4. Marchetti PH, Calheiros Neto RB, Charro MA. Biomecânica Aplicada: Uma abordagem para o treinamento de força. São Paulo: Phorte; 2007.
5. 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. [Link de acesso](#)
6. Mancini M, Brown AF, Novaes JS, Ribeiro MS, Panza PS, Santos LR, et al. Comparação do exercício agachamento nas superfícies estável e instável sobre a eletromiografia e percepção subjetiva de esforço. *Cons Saude.* 2019;18(2):165-73. [DOI](#)
7. Marchetti PH, Gomes WA, Luz Jr DA, Giampaoli B, Amorim MA, Bastos HL, et al. Aspectos neuromecânicos no agachamento. *Rev CPAQV.* 2013;5(2). [Link de acesso](#)
8. Martins LRGM, Marques NR, Ruzene JRS, Morita AK, Navega MT. Atividade eletromiográfica e cocontração dos músculos do tronco durante exercícios realizados com haste oscilatória: uma análise do efeito de diferentes posturas. *Fisioter Pesq.* 2015;22(2):119-25. [DOI](#)
9. Rita CB, Soares DP, Oliveira LG, Tartaruga LAP, Loss JF. Comparação eletromiográfica entre quatro exercícios abdominais de flexão de tronco. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 18-22 jun 2005; João Pessoa, PB. São Paulo: Sociedade Brasileira de Biomecânica; 2005.
10. SENIAM, Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles. 2023 [acesso 10 out 2023]. Disponível em: <http://www.seniam.org/>
11. Queiroz BC, Cagliari MF, Amorim CF, Sacco IC. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(1):86-92. [DOI](#)
12. O'Sullivan PB, Twomey L, Allison GT. Altered abdominal muscle recruitment in patients with chronic back pain following a specific exercise intervention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;27(2):114-24. [DOI](#)
13. Vahdat I, Rostami M, Ghomsheh FT, Khorrammehr S, Tanbakoosaz A. The effects of task execution variables on the musculature activation strategy of the lower trunk during squat lifting. *Int J Ind Ergon.* 2016;55:77-85. [DOI](#)
14. Vantrease WC, Townsend JR, Sapp PA, Henry RN, Johnson KD. Maximal strength, muscle activation, and bar velocity comparisons between squatting with a traditional or safety squat bar. *J Strength Cond Res.* 2021;35(Suppl 1):S1-5. [DOI](#)
15. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther.* 1997;77(2):132-42. [DOI](#)
16. Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):371-9. [DOI](#)