

ATIVIDADE MUSCULAR DE MEMBROS INFERIORES NO EXERCÍCIO DE AGACHAMENTO

Fernando Carvalheiro Reiser¹
William Cordeiro de Souza²
Luis Paulo Gomes Mascarenhas^{3 4}
Marcos Tadeu Grzelczak^{4 5}

RESUMO

O exercício de agachamento é usado em diversos programas de reabilitação e treinamento de força, em função deste movimento estar associado a atividades esportivas como corridas e saltos, assim como a atividades cotidianas. Desta forma, diversos artigos trazem atividade muscular em diversas condições como, agachamento com peso corporal, posicionamento da barra; anterior, posterior, baixo e alto, e agachamento em posição instável, às condições técnicas de posicionamento dos pés e profundidade e seus efeitos sobre o agachamento. O objetivo deste trabalho é revisar diversos artigos que analisaram atividade muscular de membros inferiores no agachamento. O conhecimento dos aspectos biomecânicos do agachamento como atividade muscular de membros inferiores, podem esclarecer na aplicação para fisioterapeutas, educadores físicos e médicos.

Palavras-chave: Agachamento, biomecânica, membros inferiores, atividade muscular.

ABSTRACT

The squat exercise takes part in many rehabilitation and strength programs, since several sport practices, like running and jumping, and many daily activities, involve this kind of movement. There are several articles which present the muscle activity in different conditions, as bodyweight squat, the squat with load on back and front, low and high bar squat and squat in instable position. Other articles analyze the different techniques concerning the foot position and squat depth, the wearing of weight-bell and its effects in squat patterns. Our aim in this article is to review the results of the most relevant researches whose subject was the muscle activity in lower extremity during the squat. We support then that the squat can be a safe and well prescribed exercise in rehabilitation and strength programs. The understanding of squat biomechanics and of the responsible use of its techniques will clarify some of its applications to physiotherapists, physical educators and clinicians.

Keywords: Squat, biomechanics, lower extremity, muscle activity

¹ Universidade do Vale do Itajaí - Univali. - freiser@univali.br

² Universidade do Contestado - UnC.

³ Doutor em Saúde da Criança e do Adolescente - Professor do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional

⁴ Universidade do Contestado – UnC. Porto União – SC.

⁵ Mestrando do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional - Líder do Grupo de Pesquisa NEAF - Núcleo de Estudos em Atividade Física

INTRODUÇÃO

O exercício de agachamento está presente em diversas manifestações do treinamento resistido como também na reabilitação de lesões. É um exercício que pode ser desempenhado com ou sem adição de carga externa, em uma tríplice flexão de membros inferiores, semelhante para tanto no esporte como em diversas atividades cotidianas, podendo ser aplicado em diversas situações (1,2,3).

Diversas condições como, agachamento com peso corporal, posicionamento da barra; anterior, posterior, baixo e alto, e agachamento em posição instável, às condições técnicas de posicionamento dos pés, rotação de quadril e profundidade promovem atividade musculares diferenciadas em alguns músculos de membros inferiores (1,3,4,5,6,7).

Variações na amplitude de movimento (ADM) do exercício são utilizados para tanto no treinamento resistido com pesos, assim como reabilitação de lesões. Conforme a classificação adaptada de Caterisano *et al.* (8), o agachamento parcial, é o movimento em que o ângulo formado entre a tíbia e o fêmur é de 0,79 rad. (45°), o agachamento paralelo 1,57 rad. (90°) e o agachamento completo, 2,36 rad. (135°). A análise se justifica, porque diferentes ângulos articulares de flexão de joelho resultam em diferentes níveis de atividade muscular em membros inferiores.

Considerando a aplicabilidade satisfatória do exercício, é de extremo interesse conhecer a atividade muscular de membros inferiores, o que justifica uma revisão que contemple algumas evidências desta em diferentes posicionamentos corporais e distribuição de carga, que convirjam para a otimização de exercícios desta perspectiva na reabilitação e *performance* humana.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada com base em dados do European Pubmed Central, Pubmed, ScienceDirect, dos quais 50 resumos, foram escolhidos 24 *pappers* emplacados na revisão, publicados até dezembro de 2013. Os *keywords* empregados na busca foram: *squat electromyography, muscle activity, muscle activity; hip, knee, ankle squat*. Evidências que partiam de perspectivas divergentes da proposta, cujo escopo não era os aspectos biomecânicos, foram descartadas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atividade muscular no posicionamento dos pés e rotação de quadril

Os principais músculos que cruzam a articulação do joelho são os quadríceps e os isquiotibiais. Estes músculos desempenham funções complementares na co-contracção durante o agachamento. O quadríceps é potente extensor do joelho, enquanto os isquiotibiais tem a função de estabilizar dinamicamente o joelho na translação anterior da tíbia. A atividade muscular do quadríceps não é influenciada pela distância relativa entre a espinha íliaca antêro-superior (EIAS) e maléolo lateral (ML) ou bitrocantérica. Desta forma distâncias paralelas ou mais alargadas possuem atividade muscular similar (1,4,5).

O acréscimo de carga aumenta a atividade dos músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF) (4,5). A atividade muscular do RF é inferior à do vasti no agachamento em cerca de 40-50% (1,9,10,11,12,13). O RF é biarticular, atuando como extensor de joelho e flexor de quadril, sua atividade é influenciada pelo posicionamento do quadril, possivelmente aumentaria com posicionamento do tronco mais verticalizado (1,2,9,12).

Paoli *et al.* (5) investigaram o agachamento posterior com em seis indivíduos experientes em treinamento resistido com pesos. Utilizando três cargas diferentes (0,30 e 70% de RM); e três distâncias relativas entre a EIAS e ML de 100% (paralelo ao ombro), 150% e 200%. A atividade muscular elevou-se com aumento de carga de todos os músculos, porém somente o glúteo máximo foi influenciado pelas distâncias entre a EIAS e ML de 150% a 200%. Não ocorreram diferenças significativas em vasto medial, vasto lateral, reto femoral, semitendíneo, bíceps femoral, glúteo médio, e adutor magno referente ao posicionamento à distância relativa entre a EIAS e ML.

McCaw e Melrose (4) compararam a distância relativa entre a EIAS e ML paralelamente, 75% e 140% acima deste valor, com duas cargas de 65 e 75% de RM, em nove indivíduos treinados. A atividade muscular foi superior em 75% comparado a 65%. Porém somente o glúteo máximo obteve maior atividade em distâncias relativas entre a EIAS e ML, o músculo adutor longo, tem níveis moderados de

atividade muscular, mas eleva-os com o aumento da distância relativa entre a EIAS e ML.

A execução do agachamento com pés paralelos, rodados lateralmente ou medialmente, não influencia a atividade muscular do quadríceps (1,9,14). Boyden *et al.* (9) evidenciam no agachamento posterior com pés paralelos (0°), em rotação externa (20°,10°) e interna (-10°), nenhuma diferença na atividade de muscular do VM, VL e do RF. Signorile *et al.* (14) reportam na rotação externa de 80° e interna de 30° de quadril; atividades semelhantes dos músculos VM, VL e do RF, corroborando com Hung e Gross (15) e Escamilla *et al.* (1). Contudo a execução do agachamento com pés rodados internamente aumenta a DMP, o que pode desencadear disfunções patelofemorais (9).

Pereira *et al.* (16), analisou o músculo adutor longo e reto femoral no agachamento paralelo em três posições do quadril, neutra, rotação externa de 30 e 50 graus. A atividade do músculo adutor longo aumentou durante as maiores rotação do quadril, reto femoral não obteve diferença significativa entre as condições. O posicionamento entre a EIAS e ML ou rotação de quadril não promove atividade similar em todos os músculos.

Os músculos isquiotibiais, assim como o quadríceps, não respondem a atividade muscular seletiva, de acordo com rotação do quadril, posição do pé ou relativa entre EIAS e ML. Porém estes mantêm atividades musculares menores em comparação ao quadríceps (1,4,5,14,17). Ebben (17) evidenciou uma razão entre quadríceps e isquiotibiais de 1:0,37 durante o agachamento, desta forma o quadríceps tem recrutamento 2,7 vezes a mais que os isquiotibiais durante o agachamento.

Amplitude de movimento

A amplitude de movimento parcial, paralelo e total produzem atividades musculares diferentes (8); o quadríceps aumenta a atividade muscular conforme o joelho é fletido e diminui durante a extensão, atingindo o pico aproximadamente 80-90° de flexão (1,3,11,13,14). Caterisano *et al.* (8) utilizou cargas de 0 a 1,25 vezes o peso corporal no agachamento em três ângulos de 45°, 90° e 135°. Os músculos VL e VM contribuíram consistentemente durante todas as fases de movimento, sem alterações significativas entre 90-135°, somente o glúteo máximo aumentou a atividade muscular a 135°, alguns autores sugerem que a partir de 90°, a atividade de quadríceps pode

diminuir (1,2,12). Contudo Bryanton *et al.* (18) evidenciou em indivíduos treinados o torque exercido nas três articulações de membros inferiores durante o agachamento posterior de quatro ângulos de movimento de flexão de joelho à 30,60,90 e 105°. Foi observado em 90-105°, aumento significativo no torque do joelho e do quadril, sugerindo que assim como o músculo glúteo máximo; o quadríceps também aumenta significativamente a atividade muscular durante em amplitudes de movimento maiores.

Agachamento Smith e livre

Schwanbeck *et al.* (19) compararam o agachamento posterior em indivíduos treinados; duas condições, livre e na máquina Smith. Cada teste foi realizado com 8RM, a carga utilizada no Smith foi 14-23 kgs superior à livre. Porém foi observado que livre a atividade muscular foi superior em 49% do vasto medial, 25% do vasto lateral, 26% do bíceps femoral e 34% dos gastrocnêmios comparados ao Smith. Contudo os autores ressaltam as limitações de seis indivíduos de amostra e os procedimentos de normatização da eletromiografia. Corroborando em partes com este dado, Anderson e Behm (20) analisaram a participação de vasto lateral, sóleo e bíceps femoral, em quatorze indivíduos treinados. O agachamento Smith produziu resultados maiores de atividade muscular de vasto lateral enquanto o agachamento livre promoveu maior atividade sóleo e bíceps femoral. O agachamento livre exige maior estabilidade de membros inferiores e do tronco em três planos de movimento; estas podem ser as diferenças no recrutamento muscular comparado ao maquinário Smith.

Posicionamento da barra

Gullet *et al.* (21) evidenciam a participação dos músculos semitendíneo, vasto lateral, vasto medial, reto femoral e bíceps femoral durante o agachamento com posicionamento da barra anterior (sobre os deltóides) e posterior (sobre o trapézio), em quinze indivíduos experientes no treinamento resistido com pesos.

A atividade muscular nos músculos semitendíneo, vasto lateral, vasto medial, reto femoral e bíceps femoral foram maiores no agachamento com barra anterior, mas não obteve significado estatístico. A fase ascendente obteve significativamente maior atividade muscular comparada a descendente (21).

Agachamento High Bar (alto) e Low Bar (baixo)

Estratégias do posicionamento da barra no agachamento posterior possibilitam mudanças de atividade muscular; o agachamento alto é o posicionamento da barra sobre trapézio descendente; no agachamento baixo a barra é deslocada sobre o trapézio transverso, estratégia utilizada por *powerlifters* em competições de levantamento (7).

Wrentenberg *et al.* (7), avaliou o agachamento alto e baixo em indivíduos experientes com treinamento de força (seis *powerlifters* e oito levantadores de peso olímpico). Ambos os grupos executaram o agachamento total e paralelo; o pico máximo de atividade muscular foi suportado no grupo de *powerlifters*. Porém somente para o músculo reto femoral, provavelmente em função da técnica de execução. Os levantadores de peso olímpico distribuíam equivalente a carga entre o joelho e quadril, já o torque no quadril dos *powerlifters* foi significativamente maior que o joelho. O maior torque no quadril supostamente aumentaria a atividade muscular de extensores de quadril. Porém o estudo foi limitado a análise eletromiográfica de músculos da coxa.

Agachamento e instabilidade

O conceito de instabilidade para o treinamento de força é recente, diversos estudos analisaram o agachamento nessas condições (20,22,23,24). Anderson e Behm (20) evidenciam em quatorze indivíduos treinados, três condições de agachamento posterior, executados livremente, na máquina Smith e no disco de instabilidade. Não ocorreram mudanças significativas para os músculos vasto lateral e bíceps femoral, somente o sóleo aumentou a atividade muscular na plataforma instável comparado as outras duas condições. McBride *et al.* (22), analisaram a condição de instabilidade e estabilidade no agachamento isométrico. Os músculos gastrocnêmio e bíceps femoral tiveram similaridade entre as condições; os músculos vasto lateral e medial foram pouco mais ativados durante o agachamento estável. Estes resultados foram corroborados por McBride *et al.* (23) nos músculos vasto lateral e bíceps femoral.

Saeterbakken *et al.* (24), evidenciaram em quinze indivíduos treinados, quatro condições para a execução do agachamento posterior; estável, instável no *powerboard*, no bosu e no cone de balanço. A atividade muscular de reto femoral foi menor durante a instabilidade, vasto lateral, medial, sóleo, bíceps femoral não tiveram mudança significativa entre as condições.

O conceito de instabilidade durante a execução do agachamento, aparentemente se restringe a maior atividade de músculos do tronco, em função de controle postural; porém músculos de membros inferiores não aumentam a atividade muscular conforme a instabilidade é imposta (22,23).

CONCLUSÃO

Distâncias relativas entre EIAS e ML (bitrocantéricas) superiores a largura dos ombros parecem ser mais seguras em relação a distâncias menores, por garantirem maior integridade a membros inferiores e coluna vertebral. O aumento da atividade muscular de quadríceps é beneficiado pela amplitude de movimento agachamento. O músculo glúteo máximo aumenta sua atividade tanto a amplitudes totais como distâncias relativas entre EIAS e ML maiores que paralelas ao ombro.

O músculo reto femoral é fraco extensor do joelho comparado aos vasti, necessitando de outras estratégias para contemplar sua *performance*. Os isquiotibiais são acionados como estabilizadores dinâmicos do joelho no agachamento. As manifestações do agachamento anterior e posterior têm a atividade muscular é similar. Ambos devem empregar o treinamento resistido com pesos e reabilitação de lesões. Os músculos de membros inferiores não aumentam a atividade muscular conforme a instabilidade é imposta.

Análise de atividade muscular no agachamento em músculos de membros inferiores contemplados pela revisão, são fundamentais para reabilitação de lesões e treinamento resistido com pesos.

REFERÊNCIAS

1. Escamilla, RF. Fleisig, GS. Zheng, N. Lander, JE. Barrentine, SW. Andrews, JR. et, al. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Med Sci Sports Exerc*, 2001; 33(9), 1552-1566.
2. Escamilla, RF. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33(1), 127-141.
3. Escamilla, RF. Fleisig, GS. Zheng, N. Barrentine, SW. Wilk, KE. Andrews, JR. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 1998; 30(4), 556-569.
4. McCaw, ST. Melrose, DR. Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Med Sci Sports Exerc*, 1999; 31(3), 428.
5. Paoli, A. Marcolin, G. Petrone, N. The effect of stance width on the electromyographical activity of eight superficial thigh muscles during back squat with different bar loads. *J Streng Condit Res*. 2009; 23(1), 246-250.
6. Vagos, JP. Nitz, AJ. Threlkeld, A J. , Shapiro, R. Horn, T. Electromyographic activity of selected trunk and hip muscles during a squat lift . Effect of varying the lumbar posture. *Spine*, 1994; 19:687–695,
7. Wretenberg, PER. Feng, YI. Arborelius, UP. High-and low-bar squatting techniques during weight-training. . *Med Sci Sports Exerc*, 1996; 28(2), 218-224.
8. Caterisano A, Moss RF, Pellingier TK, Woodruff K, Lewis VC, Booth W, et al. The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. *J Streng Condit Res*. 2002; 16(3):428-32.
9. Boyden, G. Kingman, J. Dyson, R. A comparison of quadriceps electromyographic activity with the position of the foot during the parallel squat. *J Streng Condit Res*, 2000; 14(4), 379-382.
10. Dionisio, VC. Almeida, GL. Duarte, M. Hirata, RP. Kinematic, kinetic and EMG patterns during downward squatting. *J Electromyo Kines*, 2008; 18(1), 134-143.
11. Isear, JA. Erickson, JC. Worrell, TW. Analysis Of Lower Extremity Muscle Recruitment Patterns During An Unloaded Squat. *Med Sci Sports Exerc*, 1997; 29(4), 532-539.
12. Wilk, KE. Escamilla, RF. Fleisig, GS. Barrentine, SW. Andrews, JR. Boyd, ML. A Comparison of Tibiofemoral Joint Forces and Electromyographic Activity During Open and Closed Kinetic Chain Exercises. *Amer J Sports Med*, 1996; 24(4), 518-527.
13. Wretenberg, P. Feng, Y. Lindberg, F. Joint moments of force and quadriceps muscle activity during squatting exercise. *Scand J Med Sci Sports*, 1993; 3(4), 244-250.

14. Signorile, JF. Kwiatkowski, K., Caruso, JF. Robertson, B. Effect of foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps muscles during the parallel squat and knee extension. . J Streng Condit Res, 1995; 9(3), 182-187.
15. Hung, YJ. Gross, MT. Effect of foot position on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during lower-extremity weight-bearing activities. J Ortho Sports Phys Ther, 1999; 29(2), 93.
16. Pereira, GR. Leporace, G. Chagas, DV. Furtado, LF. Praxedes, J. Batista, LA. Influence of hip external rotation on hip adductor and rectus femoris myoelectric activity during a dynamic parallel squat. J Streng Condit Res, 2010; 24(10), 2749.
17. Ebben, WP. Hamstring activation during lower body resistance training exercises. Inter J Sport Phys Perfor, 2009; 4(1), 84.
18. Bryanton, MA. Kennedy, MD. Carey, JP. & Chiu, LZ. Effect of squat depth and barbell load on relative muscular effort in squatting. J Streng Condit Re, 2012; 26(10), 2820-2828.
19. Schwanbeck, S. Chilibeck, PD. Binsted, G. A comparison of free weight squat to Smith machine squat using electromyography. J Streng Condit Res, 2009; 23(9), 2588-259.
20. Anderson, K. Behm, DG. Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. Can J App Physi, 2005; 30(1), 33-45.
21. Gullett, JC. Tillman, MD. Gutierrez, GM. Chow, JW. A biomechanical comparison of back and front squats in healthy trained individuals. J Streng Condit Res, 2009; 23(1), 284-292.
22. McBride, JM. Cormie, P. Deane, R. Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. J Streng Condit Res, 2006; 20(4), 915-918.
23. McBride, JM. Larkin, TR. Dayne, AM. Haines, TL. Kirby, TJ. Effect of absolute and relative loading on muscle activity during stable and unstable squatting. Inter J Sport physi perform, 2010; 5(2), 177.
24. Saeterbakken, AH. Fimland, MS. Muscle Force Output and Electromyographic Activity in Squats With Various Unstable Surfaces. J Streng Condit Res, 2013; 27(1), 130-136