ANÁLISE CINEMÁTICA DO CENTRO DE GRAVIDADE NO EXERCÍCIO AGACHAMENTO COM
POSIÇÃO DA BARRA FRONTAL E COSTAL NAS TÉCNICAS PÉS PARALELOS E SUMÔ:
UM ESTUDO TRANSVERSAL

Squat with front and back bar position in parallel and sumo feet techniques: a cross-sectional study

ISSN: 2178-7514

Vol. 14 | Nº. 1 | Ano 2022

Guanis de Barros Vilela Junior^{1,2}, Ricardo Pablo Passos^{1,2}, Jair Rodrigues Garcia Júnior³,
Anderson dos Santos Carvalho^{1,4}; Pedro Pugliesi Abdalla^{1,5}

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar e comparar a biomecânica do agachamento em diferentes posições dos pés (sumô e paralelos) e da barra (dorsal e frontal). Método: Este é um estudo descritivo de observação transversal. A amostra foi intencional e composta por cinco sujeitos praticantes regulares de musculação há mais de um ano. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da UNIMEP sob Protocolo 2.697.591. Resultados: Nas comparações entre as técnicas de agachamento e posição da barra foi observado que os participantes executam as técnicas de agachamento aqui analisadas recorrendo a estratégias locomotoras distintas, fato que é confirmado pela variabilidade dos parâmetros cinemáticos. Conclusão: Constatou-se a variabilidade da posição do Centro de Gravidade existente entre as diferentes técnicas de agachamento analisadas (posição da barra [frontal e dorsal] e dos pés [paralelo e sumô]).

Palavras-chave: Análise cinemática. Agachamento. Treinamento.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze and compare the biomechanics of the squat in different positions of the feet (sumo and parallel) and barbell (back and front). Method: This is a descriptive cross-sectional observational study. The sample was intentional and composed of five subjects who practiced bodybuilding for more than a year. The research was approved by the Ethics Committee of UNIMEP under Protocol 2,697,591. Results: In the comparisons between the squatting techniques and bar position, it was observed that the participants perform the squat techniques analyzed here using different locomotor strategies, a fact that is confirmed by the variability of the kinematic parameters. Conclusion: It was found the variability of the position of the Center of Gravity between the different squatting techniques analyzed (position of the bar [front and back] and feet [parallel and sumo]).

Keywords: Kinematics analysis. Squat. Training.

- 1 - Núcleo de Pesquisas em Biomecânica Ocupacional e Qualidade de Vida – UNIMEP/CNPq
2 - Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP
3 - Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE
4 - Universidade Paulista - UNIP
5 - Universidade de São Paulo – USP

Autor de correspondência

Prof. Dr. Guanís de Barros Vilela Junior E-mail: guanis@gmail.com

Unimep PPG-Ciências do Movimento Humano

DOI: [10.36692/v14n1-05](https://doi.org/10.36692/v14n1-05)

INTRODUÇÃO

A literatura tem apresentado vários métodos de treinamento vinculados ao desenvolvimento de hipertrofia muscular⁽¹⁾, incluindo manipulação da carga de exercícios, técnicas específicas, volume, intensidade, densidade, frequência, oclusão vascular de membros e amplitude, dentre outros⁽¹⁻³⁾.

A musculação é uma técnica de treinamento baseada em resistir/vencer, por meio da força muscular aplicada a uma sobrecarga representada pelo próprio peso corporal, barras, halteres ou equipamentos específicos articulados, com polias ou trilhos⁽³⁾.

O exercício de agachamento é amplamente utilizado entre os praticantes de musculação, sendo um dos mais eficientes para a hipertrofia nos membros inferiores^(3, 4). Este exercício tradicional é uma combinação de movimentos que ocorrem simultaneamente mediante a extensão de quadril e de joelho, tendo a sobrecarga posicionada na porção superior posterior do dorso (tórax), geralmente sobre o músculo trapézio descendente⁽⁴⁻⁶⁾.

O agachamento permite variações no posicionamento inicial dos membros inferiores, repercutindo assim na posição final do corpo. As variações mais comuns são o agachamento até 90° (fêmur paralelo ao solo) total, sumô, frontal, avanço e afundo, sendo todos caracterizados pelo movimento bi articular (quadril e joelho)^(5, 6). Outras possibilidades

envolvem o posicionamento da sobrecarga e dos pés e da sobrecarga, uma vez que, o peso a ser deslocado pode estar posicionado, sobre os ombros (frontal; front rack) ou sobre o músculo trapézio; os pés podem estar posicionados de formas afastados, alinhados ao quadril ou unidos; os pés também podem estar rotacionados lateralmente em vários ângulos ou em posição ortostática anatômica^(5, 7).

Entre as variações podem ser consideradas os movimentos simétricos ou assimétricos entre os membros inferiores, dependendo da técnica empregada. Os agachamentos unilaterais, como o avanço e afundo são exemplos de técnicas em que há assimetria dos movimentos dos membros inferiores^(3, 5-7). O agachamento tradicional até 90° ou total e sumô são simétricos e devem ser executados movimentos iguais e simultâneos dos membros inferiores^(3, 5-7). Entre os agachamentos simétricos existem numerosas possibilidades de variações de amplitudes e posicionamentos, com diferentes técnicas de execução. Passos et al.⁽⁸⁾ afirmam que a busca pelo agachamento perfeito é tão patética quanto a utopia biomecânica de querer esgotar a explicação da complexidade do movimento humano, afinal, não existe método infalível. A literatura apresenta dados sobre o exercício físico de agachamento, porém as variações na técnica de execução ainda são pouco estudadas e não existe consenso. O deslocamento vertical do Centro de Gravidade (CG) dos praticantes

é importante para analisar a técnica dos agachamentos. Desta forma, as características e diferenças entre técnicas de agachamento com a barra nas posições dorsal e frontal; e os pés nas posições sumô e paralelos não foram estudadas. Neste contexto, o objetivo foi analisar e comparar a biomecânica do agachamento em diferentes posições dos pés (sumô e paralelos) e da barra (dorsal e frontal).

MATERIAISE MÉTODOS

Características do Estudo

O presente estudo é transversal e descritivo. A amostra foi intencional e composta por cinco sujeitos praticantes regulares de musculação há mais de um ano. Os critérios de inclusão foram: a) idade entre 18 a 28 anos, b) serem praticantes regulares do exercício de agachamento há mais de um ano, c) ser aparentemente saudável (sem restrições motoras ou deficiência física, julgadas pelo avaliador), d) nenhuma restrição médica, e) sem necessidades de adaptação para a prática de exercício físico e sem histórico de lesões nos últimos 12 meses que incapacitasse os movimentos de agachamento. Os dados individuais foram excluídos da análise quando os sujeitos: a) não completou pelo menos 80% dos procedimentos previstos, b) tenha sido afetado por doença ou limitação física durante a pesquisa.

Aspectos Éticos da Pesquisa

Este estudo faz parte de um projeto integrado aprovado pelo Comitê de Ética da UNIMEP sob Protocolo 2.697.591. Todos os indivíduos que aceitaram participar da pesquisa leram, concordaram e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Procedimentos da Coleta de Dados

A coleta foi realizada em um único nas dependências de uma academia de musculação particular, localizada no município de Piracicaba, SP, sob autorização prévia. O pesquisador responsável apresentou os procedimentos aos participantes, que executaram um único movimento nas quatro variações de agachamentos com a barra na posição frontal na técnica pés paralelos (FP) e sumô (FS); e com a barra na posição dorsal nos mesmos movimentos: pés paralelos (DP) e sumô (DS). O movimento foi executado no ritmo de cada participante, sem imposição de cadência. A carga total para os quatro movimentos foi de 20 kg da barra e mais 30% da massa corporal. Foi feita somente uma repetição de cada movimento. O intervalo para execução de cada variação de agachamento foi de três minutos.

Os dados de CG foram coletados pelo dispositivo Kinect ALK®. O Kinect e teve seu centro óptico foi posicionado a 1,10m do solo. As medidas de deslocamento vertical foram realizadas considerando a posição inicial do Kinect como marco zero (0; 0; 0), conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1. Posicionamento inicial dados (vista superior do set de aquisição de do Kinect para realização da coleta de dados).

Foi considerada a possibilidade de ocorrência de valores negativos para o CG, significando que a distância do CG na vertical estaria abaixo do eixo óptico. Os dados foram filtrados (FFT de 4 Hz e Savitsky-Golay de 20 pontos) no software Origin 10.0. Os resultados de CG foram expressos como o valor final obtido no Kinect somado com 1,10m. Portanto, os valores refletem a altura do CG com relação ao solo em metros.

Análise dos dados

Foram realizados os testes de Shapiro Wilk (normalidade) e Levene (homogeneidade

das variâncias). Constatou-se que a distribuição dos dados foi normal. Por isso, foram utilizados testes estatísticos paramétricos (ANOVA-one way com correção pós hoc de Tukey) para comparar as diferenças entre as técnicas de execução do agachamento. Em todos os testes foi adotada significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 reporta os valores individuais e de grupo descritivos (medidas de tendência central) para cada tipo de agachamento.

Tabela 1 - Dados Individuais dos participantes.

Sujeitos	Idade (anos)	Estatura (m)	Massa corporal (kg)	Carga Total Levantada (Kg)
1	22	1,79	72,5	42
2	24	1,69	81,0	44
3	28	1,75	78,0	43
4	23	1,91	104,0	51
5	27	1,72	79,0	44
Média	24,8	1,77	82,9	44,9
Mediana	24,0	1,91	79,00	51,2
Desvio padrão	2,6	0,08	12,20	3,7
Mínimo	22,0	1,69	72,50	41,8
Máximo	28,0	1,75	104,0	43,7

Fonte: Autoria própria. Legenda: Carga Total Levantada: 49 a 57% da massa corporal.

A Figura 2 reporta para os cinco sujeitos o deslocamento vertical (em metros) do CG no eixo y nos quatro agachamentos: FP, FS, DP e DS. No eixo x é reportado o tempo para execução do movimento em milissegundos.

O sujeito 2 no agachamento FS (Figura 2b), apresentou uma execução incorreta do movimento. Assim, dados do movimento desse sujeito foram retirados das análises posteriores.

A Tabela 2 reporta para os cinco sujeitos as medidas de tendência central do

deslocamento vertical (em metros) do CG no eixo y nos quatro agachamentos.

Tabela 2- Valores do deslocamento vertical do Centro de Gravidade em metros para os cinco sujeitos nas quatro variações de agachamentos, juntamente com o tempo de execução em segundos (s).

	Tempo (s)	1	2	Sujeitos 3	4	5	Total (média)
			FP				
Média	2,283	0.906	0.845	0.884	1.042	0.880	0.911
± DP	1,333	0.127	0.167	0.162	0.136	0.128	0,08
Mínimo	2,130	0.691	0.589	0.637	0.778	0.656	-
Máximo	4,567	1.115	1.079	1.146	1.186	1.052	-
			FS				
Média	2,283	0.820		0.923	0.974	0.840	0,889
± DP	1,333	0.155		0.136	0.136	0.140	0,07
Mínimo	2,220	0.579		0.672	0.747	0.632	-
Máximo	4,765	1.051		1.075	1.207	1.113	-
			CP				
Média	2,283	0.864	0.920	0.901	0.996	0.858	0,908
± DP	1,333	0.179	0.151	0.166	0.136	0.130	0,06
Mínimo	2,245	0.603	0.575	0.634	0.749	0.624	-
Máximo	4,661	1.112	1.097	1.105	1.200	1.026	-
			CS				
Média	2,283	0.846	0.868	0.904	0.984	0.832	0,887
± DP	1,333	0.182	0.123	0.126	0.139	0.136	0,06
Mínimo	2,267	0.573	0.623	0.695	0.777	0.610	-
Máximo	4,423	1.112	1.054	1.067	1.234	1.041	-

Legenda: FP: Agachamento Frontal Paralelo; FS: Frontal Sumô; DP: Dorsal Paralelo; DS: Dorsal Sumô.

Nas comparações entre posição da barra e as técnicas de agachamento foi observado que os participantes executam as técnicas de agachamento recorrendo a estratégias locomotoras semelhantes. Não houve diferenças ao comparar a média de CG entre as diferentes posições de barra e agachamento (FANOVA=0.173; $p=0.913$). Da mesma forma, quando comparado os valores mínimos de CG entre os movimentos também não houveram diferenças (FANOVA=0.177; $p=0.910$). O fato da variabilidade dos parâmetros cinemáticos (que não ocorreu em nosso estudo) é confirmado por estudos como o de Passos et al.⁽⁸⁾. Todavia, foram analisados outros fatores durante o agachamento⁽⁸⁾, como estresse articular no deslocamento anterior do joelho, curvatura geométrica da coluna lombar, ativação muscular por eletromiografia, instabilidade proposital,

apoio do calcanhar/exercício sem calçado, influência da mobilidade do tornozelo e tronco, altura da barra, contração isométrica de abdução do quadril, grau de flexão do joelho (90° vs. 45°), influência da antropometria na amplitude articular, entre outras variações. Esses fatores não foram levados em conta em nosso estudo, e possivelmente se houver maior variabilidade nos mesmos isso poderia interferir em diferenças na execução dos quatro exercícios estudados (FP, FS, DP e DS).

Segundo Marchetti e Bley⁽⁹⁾ e estudos citados por eles^(10, 11), alterar a posição da barra em relação ao tronco pode alterar o CG do conjunto sujeito-barra em relação ao posicionamento corporal. Todavia essa alteração não culminou em diferenças significativas no CG vertical em nosso estudo quando analisado diferentes posicionamentos da barra (costal ou

frontal) para o agachamento com pés paralelos ou em posição sumô.

A não variação do CG perante diferentes condições de exercício achado em nosso estudo corrobora com os apontamentos de Gomes e Marchetti ⁽¹²⁾. Os autores, incluíram em sua revisão um estudo⁽¹³⁾ que afirma não existir diferença no CG e em seu deslocamento vertical quando utiliza-se ou não uma banda elástica nos joelhos durante a execução do movimento.

Este estudo não está isento de limitações. A realização de uma única repetição de agachamento em cada tipo de movimento foi uma delas pois, por exemplo, os dados do sujeito 2 (Figura 2b) apresentaram uma defasagem no tempo de captura, fato que inviabilizou a análise do movimento FS para esse sujeito.

Gullett et al ⁽¹⁴⁾ pesquisaram a cinética dos agachamentos com a barra nas posições frontal e costal, com 15 sujeitos ($22,1 \pm 3,6$) anos de idade, ($171,2 \pm 6,4$) metros de estatura, saudáveis e experientes na tarefa. Concluíram que não houve diferenças significantes na contração voluntária máxima da musculatura analisada (reto femoral, vasto lateral, vasto medial, bíceps femoral, semitendinoso e eretor da espinha).

A cinética e cinemática de qualquer movimento locomotor estão imbricadas de maneira complexa e não determinística; o deslocamento vertical do CG aqui pesquisado é um parâmetro importante na biomecânica do agachamento, pois é potencialmente influenciável, por exemplo, pela capacidade de

dorsiflexão do tornozelo e por um eventual encurtamento dos isquiotibiais, conforme reporta Boyle ⁽⁵⁾.

Os sujeitos estão familiarizados com essas técnicas de agachamento e houve a intencionalidade metodológica de não imprimir nenhuma cadência de execução, partindo do fato que no cotidiano cada sujeito apresenta o seu ritmo de execução que, provavelmente, por exemplo, varia ao longo de uma semana. Considerar outros fatores influentes na biomecânica do agachamento, como os apontados por Passos et al. ⁽⁸⁾, auxiliaria numa melhor compreensão sobre a variabilidade vertical do CG.

CONCLUSÃO

Constatou-se a invariabilidade da posição vertical do Centro de Gravidade existente entre as diferentes técnicas de agachamento analisadas (posição da barra [frontal e dorsal] e dos pés [paralelo e sumô]). É importante destacar que o deslocamento vertical do Centro de Gravidade apresentou um padrão quando comparados os cinco (quatro, no caso do agachamento FS) participantes. Novos estudos com essas e outras técnicas de agachamento ampliando o tamanho amostral são necessários para confirmar a influência da individualidade nos parâmetros biomecânicos durante a execução das variações.

REFERÊNCIAS

1. Viorel U, Vladimir P, FLORICA G. Techniques and Methods of Strength Development by Using the Bodybuilding Means. Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health. 2019;19(1).
2. Araújo ACd, Ferreira Junior A, Oliveira SKd, Schamne JC, Okuno NM. Physiological and rating of perceived exertion responses to resistance training sessions with and without vascular occlusion. Isokinetics and Exercise Science. 2017;25:91-6.
3. Comfort P. Bodybuilding. Routledge Handbook of Strength and Conditioning: Routledge; 2018. p. 597-611.
4. Pallarés JG, Cava AM, Courel-Ibáñez J, González-Badillo JJ, Morán-Navarro R. Full squat produces greater neuromuscular and functional adaptations and lower pain than partial squats after prolonged resistance training. European journal of sport science. 2020;20(1):115-24.
5. Columbu F. Franco Columbu's Complete Book of Bodybuilding: Creators Publishing; 2017.
6. Fleck SJ, Kraemer WJ. Fundamentos do treinamento de força muscular: Artmed Editora; 2017.
7. Teixeira CVLS, Guedes Jr DP. Musculação time-efficient: otimizando o tempo e maximizando os resultados: Phorte Editora LTDA; 2017.
8. Passos RP, Martins GC, Camargo LB, Franck DB, Guiselini MA, Costa FT, et al. Aspectos Biomecânicos Do Agachamento: Longe Do Consenso. Revista CPAQV–Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida| Vol. 2018;10(2):2.
9. Marchetti PH et al. Aspectos neuromecânicos do exercício agachamento. Revista CPAQV–Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida–ISSN. 2013;5(2):2013.
10. Waller M, Townsend R. The Front Squat and Its Variations. Strength & Conditioning Journal. 2007;29(6).
11. Graham JF. Back Squat. Strength & Conditioning Journal. 2001;23(5):28.
12. Gomes WA, Coutinho M, Marchetti PH. Revisão dos efeitos biomecânicos do uso da banda elástica no joelho durante o agachamento no levantamento básico. Revista CPAQV-Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida-CPAQV Journal. 2013;5(3).
13. Eitner JD, LeFavi RG, Riemann BL. Kinematic and Kinetic Analysis of the Squat with and Without Knee Wraps. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25:S41.
14. Gullett et al. A biomechanical comparison of back and front squats in healthy trained individuals. The journal strenght & conditioning research. 2009; 23:1.
15. Boyle, M. Avanços no treinamento funcional. 2015. Porto Alegre: Artmed.

OBSERVAÇÃO: Os autores declaram não existir conflitos de interesse de qualquer natureza.