

Reprodutibilidade da medida cinemática bidimensional do movimento de agachamento profundo overhead por fotogrametria: Uma nova forma de analisar as limitações de mobilidade articular

Reliability of two-dimensional kinematic measurement of the overhead deep squat movement by photogrammetry: A new way of analyzing joint mobility limitations

Reproducibilidad de la medición cinemática bidimensional del movimiento de sentadilla profunda mediante fotogrametría: Una nueva forma de analizar las limitaciones de movilidad articular

Recebido: 25/07/2022 | Revisado: 09/08/2022 | Aceito: 11/08/2022 | Publicado: 19/08/2022

Danielly Carrijo Pereira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1321-0253>
Universidade Evangélica de Goiás, Brasil
E-mail: daniellycarrijo2020@gmail.com

Lorraine Rodrigues Miranda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3782-2986>
Universidade Evangélica de Goiás, Brasil
E-mail: lorrainerl@hotmail.com

Iransé Oliveira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2692-1548>
Universidade Evangélica de Goiás, Brasil
E-mail: iranse.silva@unievangolica.edu.br

Marcelo Magalhães Sales

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3814-6964>
Universidade Estadual de Goiás, Brasil
E-mail: marcelomagalhaessales@gmail.com

David dos Santos Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7396-866X>
Universidade Evangélica de Goiás, Brasil
E-mail: deivao13@hotmail.com

Sérgio Machado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8946-8467>
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
E-mail: secm80@gmail.com

Alberto Souza Sá Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9434-4231>
Universidade Evangélica de Goiás, Brasil
Universidade Paulista, Brasil
E-mail: doutor.alberto@outlook.com

Resumo

Objetivou-se determinar a confiabilidade da medida angular (CMA) de agachamento profundo overhead (OHS) avaliado pela técnica de fotogrametria, determinando seu coeficiente de correlação intraclasse (CCI), bem como o respectivo erro típico (ETM) absoluto e relativo da medida. 20 indivíduos idosos fisicamente ativos realizaram 2 visitas. No primeiro encontro foram realizados a avaliação antropométrica e uma familiarização com o movimento de OHS com as mãos acima da cabeça. Na segunda visita os participantes realizaram duas execuções consecutivas do movimento de OHS com as mãos acima da cabeça, onde seguravam um bastão. As medidas foram repetidas na mesma visita. Todos os idosos foram filmados por uma câmera com capacidade de 200 quadros por segundo. A consistência interna foi realizada via fotogramétrica, junto ao software Kinóvea® de análise angular bidimensional. A CMA foi determinada a partir de um CCI, bem com o ETM absoluto e relativo. As análises do CCI apresentaram excelente associação entre a primeira medida e a segunda medida de parâmetros angulares no movimento de OHS. O ETM demonstrou baixos valores relativos de variação da medida (1,7 a 4,2%), exceto para a medida de quadril, na qual apresentou variações $\pm 10\%$. Para confirmar a ausência de diferenças, um teste t dependente foi utilizado, sugerindo concordância entre as medidas ($p > 0,05$). A CMA de OHS para maioria das articulações investigadas, apresentou excelente CCI, bem como, baixos ETM absolutos e relativos da cinemática angular. A medida de CMA de quadril variou amplamente, mas sem diferenças significativas entre a primeira e a segunda medidas.

Palavras-chave: Avaliação; Flexibilidade; Fotogrametria.

Abstract

The objective was to determine the reliability of the angular measurement (RAM) of deep overhead squat (OHS) evaluated by the photogrammetry technique, determining its intraclass correlation coefficient (ICC), as well as the respective absolute and relative typical error (ETM) of the measurement. 20 physically active elderly individuals performed 2 visits. In the first meeting, the anthropometric assessment and familiarization with the OHS movement with the hands above the head were performed. On the second visit, participants performed two consecutive runs of the OHS movement with their hands above their heads, where they held a stick. The measurements were repeated on the same visit. All the elderly were filmed by a camera with a capacity of 200 frames per second. Internal consistency was performed using photogrammetry, together with the Kinóvea® software for two-dimensional angular analysis. RAM was determined from a CCI, as well as absolute and relative ETM. The CCI analyzes showed an excellent association between the first measurement and the second measurement of angular parameters in the OHS movement. The ETM showed low relative values of measurement variation (1.7 to 4.2%), except for the hip measurement, in which it presented $\pm 10\%$ variations. To confirm the absence of differences, a dependent t test was used, suggesting agreement between measurements ($p > 0.05$). The OHS RAM for most of the investigated joints showed excellent ICC, as well as low absolute and relative ETM of angular kinematics. The hip RAM measurement varied widely, but without significant differences between the first and second measurements.

Keywords: Assessment; Flexibility; Photogrammetry.

Resumen

El objetivo fue determinar la confiabilidad de la medición angular (CMA) de sentadilla profunda (OHS) evaluada por la técnica de fotogrametría, determinando su coeficiente de correlación intraclase (ICC), así como el respectivo error típico absoluto y relativo (ETM). 20 ancianos físicamente activos realizaron 2 visitas. En el primer encuentro, se realizó la evaluación antropométrica y la familiarización con el movimiento OHS con las manos por encima de la cabeza. En la 2ª visita, los participantes realizaron dos carreras consecutivas del movimiento OHS con las manos sobre la cabeza, donde sostenían un palo. Las mediciones se repitieron en la misma visita. Todos los ancianos fueron filmados por una cámara con una capacidad de 200 cuadros por segundo. La consistencia interna se realizó mediante fotogrametría, junto con el software Kinóvea® para análisis angular bidimensional. CMA se determinó a partir de un CCI, así como ETM absoluto y relativo. Los análisis de CCI mostraron una excelente asociación entre la primera medición y la segunda medición de parámetros angulares en el movimiento OHS. El ETM mostró valores relativos bajos de variación de la medida (1,7 a 4,2%), excepto la medida de la cadera, en la que presentó variaciones de $\pm 10\%$. Para confirmar la ausencia de diferencias, se utilizó una prueba de t dependiente, sugiriendo concordancia entre las medidas. El CMA de OHS para la mayoría de las uniones investigadas mostró un ICC excelente, así como un ETM absoluto y relativo bajo de la cinemática angular. La medida del AMC de la cadera varió ampliamente, pero sin diferencias significativas entre la primera y la segunda medida.

Palabras clave: Evaluación; Flexibilidad; Fotogrametría.

1. Introdução

A mobilidade articular pode ser desenvolvida a partir de diferentes aplicações de técnicas, tal como alongamentos (Batista et al., 2009), liberações miofasciais (Beier et al., 2019), ou com base em um conjunto de técnicas passivas de terapia manual (Hakkinen et al., 2007). Tais procedimentos, em geral, tem por objetivo central a manutenção de um componente fisiológico essencial para saúde e desempenho humano (Medeiros et al., 2016; Stathokostas et al., 2012). Atualmente, o conceito de mobilidade articular tem conflitado com alguns parâmetros da literatura, e se distanciando da ideia do desenvolvimento da valência física flexibilidade, sendo dado um novo sentido ao termo mobilidade ou mobilização (Cook et al., 2014a, 2014b).

A habilidade articular de alcançar as angulações máximas possíveis de movimentação têm sido amplamente requerido diante dos novos padrões de prescrição de movimentos integrados/funcionais (Claudino et al., 2018; Schoenfeld & Grgic, 2020). Isso é visto quando treinadores e profissionais de Educação Física incluem em suas rotinas de treinamento, gestos motores que outrora competiam apenas a ambiente esportivos, tal como, os padrões ginásticos e de levantamento de peso olímpico, criando assim, a necessidade de modificação da conduta de preparação e o planejamento destes profissionais (Claudino et al., 2018).

A literatura mostra que uma das formas que podemos avaliar a competência móvel global articular, é a partir do movimento de agachamento profundo (Cook et al., 2014a, 2014b; Post et al., 2017; Rabin & Kozol, 2017), uma vez que o exercício em questão, exige elevada complexidade e, portanto, necessidade de uma série de ativações musculares coordenadas

entre membros inferiores e tronco, o que o torna um modelo importante de entendimento dos padrões das articulações humanas. Ampliando essa ideia, considerando demandas adicionais de membros superiores e coluna torácica, recentemente, o padrão de movimento do agachamento profundo com os braços acima da cabeça (*overhead squat* - OHS) passou a ser um novo recurso para se analisar o padrão de movimento articular frente a uma tarefa de maior complexidade (Clark et al., 2011), visto que existe a necessidade de se estabilizar segmentos proximais (escapulas, principalmente), para mobilizar coluna torácica e articulação de ombro, juntamente com as demais mobilizações articulações envolvidas no movimento em pauta (Bautista et al., 2020).

Desse modo, considerando o uso frequente desses recursos avaliativos quantitativos ou qualitativos em academias de ginástica, é razoável inferir que existe a necessidade de verificar o nível reprodutibilidade do agachamento profundo com os braços acima da cabeça. Estudos de confiabilidade são importantes recursos para se estabelecer o erro absoluto ou percentual de uma medida, e assim podermos inferir se uma intervenção proposta surtiu efeitos realmente significativo, superior a variação da medida existente (Atkinson & Nevill, 1998; Hopkins et al., 2001). Por exemplo, diante de um teste aeróbio de esforço máximo, a literatura mostra que o erro de medida do teste de potência aeróbia máxima é de 0,4 km/h, sugerindo assim que qualquer valor adaptativo derivado de uma intervenção que seja superior a esse valor será realmente significativo, pré e pós avaliação (Sá Filho et al., 2018). Considerando a complexidade relacionada a medida do agachamento OHS, faz sentido pensarmos que tal movimento exiba também elevada variação angular entre diferentes tentativas de movimento, assim como observado para o desempenho de salto vertical (Arteaga et al., 2000), e que a consistência interna seja de alguma forma afetada.

Por outro lado, poucos se sabe sobre o tipo de análise angular do exercício de agachamento OHS como um meio de avaliação (Post et al., 2017) e tampouco se esse gestor motor é reprodutivo. Ademais, a técnica de avaliação por fotogrametria bidimensional pode ser uma alternativa interessante, especialmente pelo seu baixo custo (César et al., 2012; D.H et al., 2009), com importante validade externa para que técnicos e treinadores, podendo ser aplicada em larga escala. Portanto, nosso objetivo central é verificar o nível de reprodutibilidade da medida angular de agachamento OHS, determinando seu Coeficiente de Correlação Intraclassa (CCI), bem como o respectivo erro típico absoluto e relativo da medida. Acreditamos que a análise dos movimentos de agachamento bidimensionais produzirá boa consistência interna, com elevado CCI e com erro de medida de até 5% para todas as articulações investigadas.

2. Métodos

O presente artigo caracteriza-se pela sua proposta quantitativa, tratando-se de um estudo metodológico que envolve o estabelecimento do rigor científico para o desenvolvimento de pesquisas em ciências da saúde e do esporte.

Amostra

A amostra foi selecionada por conveniência, totalizando 28 indivíduos idosos (20 mulheres e 8 homens), todos fisicamente ativos (nível de atividade física ≥ 150 minutos/semana), porém, com diferentes níveis de condicionamento físico. Assegurando que os resultados possam ser extrapolados para diferentes estratos de aptidão física. Os indivíduos foram recrutados via convite formal, emitidos por um projeto de extensão da Universidade Evangélica de Goiás, que oferece treinamento físico gratuito para a comunidade. Para a inclusão no estudo, os indivíduos deveriam preencher os seguintes critérios de inclusão: ser fisicamente ativo, conforme proposto pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2021), sem lesões com sintomas presentes em fase aguda, e que não fizessem uso de recursos ergogênicos. Foram excluídos participantes com lesões agudas musculoesquelético ou que não conseguiram participar de pelo menos 75% das sessões de exercício. Os participantes que aceitaram ser voluntários, assinaram um termo de consentimento (TCLE). O presente estudo foi devidamente aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Evangélica de Goiás (CAAE: 52638121.4.0000.5076; n° 5.286.737).

Design do Estudo

O presente estudo ocorreu em apenas duas visitas. No primeiro encontro os indivíduos receberam as explicações sobre os objetivos da pesquisa e assinam o TCLE. Após a assinatura do termo, os participantes idosos realizaram uma avaliação morfológica (antropometria), e uma familiarização com o movimento de agachamento OHS. Na última visita os participantes sem a influência de aquecimento prévio, realizaram apenas duas execuções consecutivas do movimento de agachamento OHS, onde seguravam um bastão de PVC. Todos os idosos foram filmados por uma câmera com capacidade de 200 quadros por segundo. A reprodutibilidade da medida (consistência interna) foi realizada via análise fotogramétrica, junto ao software Kinóvea® (Versão 0.9.3), de análise bidimensional. Todas as visitas foram realizadas no período da tarde, onde os idosos já se encontravam, aparentemente fisicamente ativados, em função das atividades da vida diária, previamente realizadas antes das sessões de tes. A temperatura do ambiente foi controlada em 24°.

Procedimentos

Análise Antropométrica e Composição Corporal

A altura foi medida com o voluntário em pé e descalço, com os tornozelos, panturrilhas, nádegas, escápula e cabeça encostada na parede. A posição da cabeça acompanhava o plano de Frankfurt, e a estatura era medida no momento de inalação de ar. A massa corporal foi medida enquanto os participantes usavam roupas leves. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado como peso (kg)/altura (m)². O percentual de gordura corporal foi estimado por meio da técnica de dobras cutâneas, em que a densidade corporal foi calculada por meio do protocolo de sete dobras proposto por Jackson e Pollock (Jackson & Pollock, 1978; Jackson et al., 1980), coletadas em cada ponto em sequência rotacional, do lado direito do corpo, sendo registrado o valor médio de três medidas. As medidas foram realizadas por um único avaliador, utilizando-se de um compasso de dobras cutâneas (Lange, Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, Maryland, EUA). Após calcular a densidade corporal, a mesma foi convertida em %GC utilizando-se da equação proposta por Siri (Siri, 1961).

Análise Cinemática por Fotogrametria

Os indivíduos foram posicionados numa visão lateral a 1,5m, perpendicularmente ao posicionamento da câmera. Marcadores luminosos foram acoplados a pele dos participantes para registro angular posterior. Foram analisadas as amplitudes de ombro, quadril, joelho e tornozelo a partir de marcadores luminosos devidamente posicionados nas regiões: hálux, maléolo lateral direito, platô tibial lateral, trocanter maior do fêmur, crista ilíaca superior, linha axilar, superfície troclear do úmero e côndilo distal ulnar. A análise foi realizada por meio do software Kinóvea (Versão 0.9.3) disponível gratuitamente online (<https://www.kinovea.org/download.html>). Os registros foram inseridos no software onde foram retirados os pontos de início do movimento e a maior amplitude de movimento alcançada durante o movimento de agachamento OHS. A figura 1. apresenta o modelo de análise inserido no software.

Figura 1. Padronização da análise do Movimento de Agachamento Overhead e a marcação dos pontos anatômicos



Fonte: Autores (2022).

Análise Estatística

A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk. Tendo todas as variáveis distribuição normal, os dados foram expressos em média \pm desvio padrão. Após análise de pressupostos estatísticos (esfericidade, homocedasticidade e normalidade), para verificar a reprodutibilidade da medida, foram calculados os coeficientes de correlação intraclasse (CCI), bem com o erro típico da medida (absoluto e relativo) e o tamanho do efeito (TE) das diferenças entre as primeiras e segundas medidas. O nível de significância foi fixado em 5% ($p < 0,05$). Toda as análises foram realizadas no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) 21.0.

3. Resultados

As análises dos CCI's revelaram excelente associação entre a primeira e a segunda medida de parâmetros angulares no movimento de agachamento OHS, com valores que variaram entre 0,86 e 0,95, todos estratificados como excelentes. O erro típico da medida (ETM) demonstrou baixos valores relativos de variação da medida, exceto para a medida de quadril, na qual apresentou variações superiores a 10%. Ademais, o Teste t pareado não revelou diferença significativa entre as medidas ($p > 0,05$) e, as diferenças entre as primeiras e segundas medidas, para todas as articulações, apresentaram tamanho do efeito estratificados como triviais, ou seja, diferenças irrelevantes. A tabela 1 apresenta um descritivo detalhado dos dados do estudo.

Tabela 1. Análise de consistência interna das medidas angulares determinadas no movimento de agachamento OHS.

Parâmetros	Tornozelo (°)		Joelho (°)		Quadril (°)		Torácica (°)		Ombro (°)	
	#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2
Média	88,3	87,7	98,4	97,8	91,8	89,3	187,3	189,0	169,8	171,6
DP	9,1	8,8	15,5	16,1	21,8	19,0	15,6	14,3	11,8	10,6
CCI	0,94		0,95		0,88		0,94		0,86	
TE (<i>d</i> de Cohen)	0,067		0,038		0,122		0,114		0,16	
ETM (Absoluto)	3,0°		4,1°		9,3°		3,2°		5,5°	
ETM (Relativo)	3,4%		4,2%		10,3%		1,7%		3,2%	
Teste <i>t</i> pareado	p = 0,48		p = 0,91		p = 0,33		p = 0,56		p = 0,22	

Legenda: CCI = Coeficiente de Correlação Intraclasse; ETM = Erro Típico da Medida; * Diferenças significativas entre medidas 1x2.
 Fonte: Autores (2022).

4. Discussão

O objetivo do presente estudo foi analisar a reprodutibilidade das medidas angulares do movimento de agachamento OHS. Esse movimento é considerado complexo, exigindo a integração de inúmeras ações estabilizatórias e mobilizatórias para uma execução procedente e biomecânica correta. Até onde sabemos, nosso estudo foi pioneiro em analisar o movimento de agachamento OHS, uma vez que este tem sido comumente utilizado como forma de análise de necessidades funcionais em praticantes de exercícios físicos nos centros de treinamento (Clark et al., 2011; Cook et al., 2014a, 2014b). Apesar de simples, nosso estudo fornece subsídios para entendermos o padrão do erro da medida diante do processo de avaliação funcional, bem como, possibilita entendimento acerca dos ganhos reais influenciados por intervenções. Neste sentido, foi observado como desfecho primário pequenos valores de erros relativos associados, em que não foram reveladas diferenças significativas ($p > 0,05$), com o erro típico de medida variando entre 1,7% e 4,2% para tornozelo, joelho, torácica e ombro. A angulação do quadril foi exceção nesse processo de avaliação (10,3%), apesar de um CCI de 0,88 e um TE trivial (0,122). Portanto, nossa hipótese foi parcialmente aceita, considerando um CCI sugerido maior que 0,90 e um erro de medida menor que 5%.

O agachamento OHS e o agachamento *single leg* (perna única - SLS) são frequentemente utilizados como modelos de avaliação clínica de padrões execução disfuncionais, uma vez que exigem do executante, uma demanda física singular, em que faz-se necessário o uso de ações integradas, estabilizatórias concomitantes a ações mobilizatórias (Clark et al., 2011; Cook et al., 2014a, 2014b). Para tal, treinadores desportivos e profissionais do movimento tem se utilizado de ferramentas práticas para obtenção de dados, tal como em análises cinemáticas em duas ou três dimensões (Fernandez-Gonzalez et al., 2020; Pueo et al., 2020; Puig-Divi et al., 2019). Sabemos que o padrão ouro da análise cinemática advém de aparatos especializados, com câmeras de alta velocidade de registro e processamento de imagem, muitas vezes aliados a plataformas de força. No entanto, esse recuso é oneroso demais, e requer profissionais altamente treinados, limitando a sua aplicação em larga escala.

Nesse sentido, o método de fotogrametria vem se estabelecendo como um importante aliado destes profissionais, apresentando-se como uma saída para obtenção de dados. A literatura mostra que o método vem sendo utilizado para diferentes tipos de demandas, como por exemplo, análise da cinemática de salto vertical (Sá Filho, 2011), bem como, para análise de arco de movimento de flexibilidade (César et al., 2012), dentre outros. Nosso

estudo se assemelha aos estudos citados anteriormente, pois objetiva apenas o estabelecimento do comportamento angular, dispondo de dados para que se pode determinar o erro de medida de um determinado movimento.

Visto que o agachamento OHS é um padrão complexo de movimento, requerendo o compartilhamento de ativação de múltiplas articulações simultaneamente, a aplicação de estudos de natureza metodológicas, tal como de reprodutibilidade, confere a possibilidade de entendermos o comportamento do erro de medida diante das múltiplas articulações. O estudo de confiabilidade de César et al. (César et al., 2012), do arco de movimento durante alongamento passivo máximo demonstrou um CCI de 1,00 (classificado como perfeito), e um ETM de 1% apenas. A explicação para esse consistente resultado está na simplicidade do movimento em questão, bem como, na experiência dos próprios avaliadores. Então, a confiabilidade do método parece se deteriorar quanto mais complexo for o movimento analisado. Por exemplo, o estudo de Arteaga et al. (Arteaga et al., 2000) analisou a confiabilidade de diferentes tipos de saltos verticais (Drop jump, countermovement jump, squat jump) em diferentes alturas de partida. O autor observou um coeficiente de variação de 6,2%, 6,3% e 5,4%, respectivamente para os três tipos de saltos. Vale ressaltar que o padrão de movimento de salto vertical é uma variação do próprio movimento de agachamento, se assemelhando no tipo de recrutamento muscular. Em nosso estudo, foi utilizado o agachamento OHS em uma execução de velocidade controlada, isso explicaria por que nossos dados de variação de medida foram menores do que os observados por Arteaga et al. (Arteaga et al., 2000), exceto para o ETM produzido na articulação do quadril.

Um diferencial de nosso estudo foi que a análise de ETM empregada nos possibilita conceber a magnitude do erro de medida tanto relativo quanto absoluto, bem como, o uso do teste *t* pareado e o TE, certificando a não existência de diferenças significativas entre as médias para as articulações estudadas, e que, as diferenças existentes, além de insignificantes, são também irrelevantes do ponto de vista clínico. Uma grande parcela de estudos dessa natureza apresenta apenas valores de CCI, o que por mais que nos indique a boa relação entre uma medida e outra, impossibilita entender a magnitude do erro associada a uma determinada articulação, assim como, possíveis projeções para estudos de intervenção. Por exemplo, se uma determinada intervenção qualquer observa que houve melhoras significativas pós numa magnitude de 7%, com a disposição dos dados de confiabilidade via ETM, conseguimos conceber se os valores dos ganhos estão dentro da variação intrínseca da medida estudada ou foi realmente fruto de ganhos concebidos com uma determinada estratégia de intervenção.

Por fim, o impacto de nosso estudo, de natureza metodológica, possibilita uma importante aplicação prática dentre treinadores e profissionais do movimento (Atkinson & Nevill, 1998), considerando que as análises realizadas são de fácil acesso, baixo custo para obtenção de dados, além de significativa consistência interna. Agora, com os dados de nosso estudo, podemos inferir que os ganhos de mobilidade a partir de uma determinada intervenção, são decorrentes da experimentação realizada, e não fruto da variação biológica da medida.

5. Conclusão

Conclui-se que a confiabilidade da medida angular de agachamento OHS para maioria das articulações investigadas, apresentou excelente coeficiente de correlação intraclasse, bem como, baixos erros típicos absolutos e relativos da cinemática angular. A medida de confiabilidade de quadril variou amplamente, mas não apresentou

diferenças significativas entre a primeira e a segunda medidas. Para estudos futuros, sugere-se que um comparativo seja realizado contra a medida de padrão ouro de análise cinemática, estabelecendo a magnitude das diferenças entre as estratégias.

Referências

- ACSM. (2021). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* 11th Edition.
- Arteaga, R., Dorado, C., Chavarren, J., & Calbet, J. A. (2000). Reliability of jumping performance in active men and women under different stretch loading conditions. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(1), 26-34.
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med*, 26(4), 217-238. doi:10.2165/00007256-199826040-00002
- Batista, L. H., Vilar, A. C., de Almeida Ferreira, J. J., Rebelatto, J. R., & Salvini, T. F. (2009). Active stretching improves flexibility, joint torque, and functional mobility in older women. *Am J Phys Med Rehabil*, 88(10), 815-822. doi:10.1097/PHM.0b013e3181b72149
- Bautista, D., Durke, D., Cotter, J. A., Escobar, K. A., & Schick, E. E. (2020). A Comparison of Muscle Activation Among the Front Squat, Overhead Squat, Back Extension and Plank. *Int J Exerc Sci*, 13(1), 714-722.
- Beier, Z., Earp, I., & Korak, J. A. (2019). Self-Myofascial Release Does Not Improve Back Squat Range of Motion, Alter Muscle Activation, or Aid in Perceived Recovery 24-Hours Following Lower Body Resistance Training. *Int J Exerc Sci*, 12(3), 839-846.
- César, E. P., Gomes, P. S., Marques, C. L., Domingos, B., & Santos, T. M. (2012). Intra-rater reliability of knee flexion and extension range of motion measurement through the photogrammetry method. *Fisioter. Pesqui*, 19(1), 32-38.
- Clark, M. A., Lucett, S. C., & Sutton, B. G. (2011). *NASM Essentials of Personal Fitness Training* Lippincott Williams & Wilkins.
- Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., Souza, H. S., Miranda, R. C., Mezencio, B., . . . Serrao, J. C. (2018). CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open*, 4(1), 11. doi:10.1186/s40798-018-0124-5
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014a). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *Int J Sports Phys Ther*, 9(4), 549-563.
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014b). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *Int J Sports Phys Ther*, 9(3), 396-409.
- D.H. I., Bevilaqua-Grossi, D., Oliveira, A. S., Castro, F. A., & Salgado, H. S. (2009). Comparative analysis between visual and computerized photogrammetry postural assessment. *Rev Bras Fisioter*, 13(4), 308-315.
- Fernandez-Gonzalez, P., Koutsou, A., Cuesta-Gomez, A., Carratala-Tejada, M., Miangolarra-Page, J. C., & Molina-Rueda, F. (2020). Reliability of Kinovea((R)) Software and Agreement with a Three-Dimensional Motion System for Gait Analysis in Healthy Subjects. *Sensors (Basel)*, 20(11). doi:10.3390/s20113154
- Hakkinen, A., Salo, P., Tarvainen, U., Wiren, K., & Ylinen, J. (2007). Effect of manual therapy and stretching on neck muscle strength and mobility in chronic neck pain. *J Rehabil Med*, 39(7), 575-579. doi:10.2340/16501977-0094
- Hopkins, W. G., Schabert, E. J., & Hawley, J. A. (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med*, 31(3), 211-234. doi:10.2165/00007256-200131030-00005
- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*, 40(3), 497-504. doi:10.1079/bjn19780152
- Jackson, A. S., Pollock, M. L., & Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc*, 12(3), 175-181.
- Medeiros, D. M., Cini, A., Sbruzzi, G., & Lima, C. S. (2016). Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiother Theory Pract*, 32(6), 438-445. doi:10.1080/09593985.2016.1204401
- Post, E. G., Olson, M., Triggsted, S., Hetzel, S., & Bell, D. R. (2017). The Reliability and Discriminative Ability of the Overhead Squat Test for Observational Screening of Medial Knee Displacement. *J Sport Rehabil*, 26(1). doi:10.1123/jsr.2015-0178
- Pueo, B., Penichet-Tomas, A., & Jimenez-Olmedo, J. M. (2020). Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. *Physiol Behav*, 227, 113144. doi:10.1016/j.physbeh.2020.113144
- Puig-Divi, A., Escalona-Marfil, C., Padullés-Riu, J. M., Busquets, A., Padullés-Chando, X., & Marcos-Ruiz, D. (2019). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLoS One*, 14(6), e0216448. doi:10.1371/journal.pone.0216448
- Rabin, A., & Kozol, Z. (2017). Utility of the Overhead Squat and Forward Arm Squat in Screening for Limited Ankle Dorsiflexion. *J Strength Cond Res*, 31(5), 1251-1258. doi:10.1519/JSC.0000000000001580
- Sá Filho, A. (2011). *Efeito da Corrida Intervalada de Alta Intensidade em Diferentes Inclinações Sobre o Desempenho Aeróbio e de Força Explosiva*. (Master), Universidade Gama Filho (UGF),

Sá Filho, A., Alves, W., Miranda, T. G., Portugal, E., & Machado, S. (2018). Analysis of Reliability of Peak Treadmill Running in Maximum Progressive Effort Test: Influence of Training Level. *MedicalExpress*, 5, 1-6.

Schoenfeld, B. J., & Grgic, J. (2020). Effects of range of motion on muscle development during resistance training interventions: A systematic review. *SAGE Open Med*, 8, 2050312120901559. doi:10.1177/2050312120901559

Siri. (1961). Body composition from fluid spaces and density. Analysis of methods. In: *Techniques for Measuring Body Composition*, edited by Brozek J and Henschel A., Washington, DC: National Academy of Sciences, National Research Council, 223-244.

Stathokostas, L., Little, R. M., Vandervoort, A. A., & Paterson, D. H. (2012). Flexibility training and functional ability in older adults: a systematic review. *J Aging Res*, 2012, 306818. doi:10.1155/2012/306818