

A fixação influencia a avaliação da força muscular do quadríceps em dinamometria manual?

Does fixation influence the assessment of quadriceps muscle strength in manual dynamometry?

Gabriel Vasconcellos Roberto (ORCID: 0009-0005-2029-8718)¹
Mateus Vasconcellos Ferreira da Silva (ORCID: 0009-0006-5219-5294)²
Celso Ricardo de Santana (ORCID: 0000-0002-8985-2669)³
Davi Alan Alves ORCID (0009-0001-6730-6421)⁴
Fernanda Borges de Oliveira Vasconcelos (ORCID: 0000-0003-0143-9624)⁴
Márcio Rogério de Oliveira (ORCID: 0000-0002-8315-5117)⁴

RESUMO

Utilizar dinamômetros manuais para avaliar a força muscular é uma abordagem de baixo custo e eficaz, proporcionando um diagnóstico preciso no ambiente clínico. O objetivo do trabalho foi comparar a diferença no pico de força muscular na avaliação do músculo quadríceps utilizando dinamômetro manual, com e sem fixação em adultos jovens, nas angulações de 45° e 90° de joelho. Uma amostra de 14 adultos jovens, sendo 7 homens e 7 mulheres (idade média: 22 ± 3 anos) foi recrutada para realizar a avaliação de força muscular de quadríceps por meio de dinamômetro manual (MicroFET 2), do membro dominante nas angulações de joelho 45° com fixação; joelho 45° sem fixação; joelho 90° com fixação; joelho 90° sem fixação. A ordem das avaliações foi definida por meio de uma sequência aleatória gerada por software. Os resultados obtidos demonstram que não foram encontradas diferenças significativas nos ângulos de 45° e 90° com e sem fixação ($p > 0,05$), porém, ao comparar o ângulo de 90° com o de 45°, foram identificadas diferenças significativas e superiores para o torque de 90° em ambas as condições ($p < 0,022$). Os resultados deste estudo sugerem que o pico de força muscular gerado na dinamometria com joelho a 90° é maior quando comparado com 45°, e não existe diferenças significativas no pico de força gerado tanto na dinamometria de 45° com e sem fixação quanto em 90° com e sem fixação.

Palavras-chave: Dinamometria Manual; Músculo Quadríceps; Força muscular; Extremidade Inferior.

ABSTRACT

Using hand-held dynamometers to assess muscle strength is a low-cost and practical approach, providing an accurate diagnosis in the clinical environment. This study aimed to compare peak muscle strength differences when evaluating the quadriceps muscle using a hand-held dynamometer, with and without fixation in young adults, at 45° and 90° knee angles. A sample of 14 young adults, 7 men and 7 women (mean age: 22 ± 3 years) was recruited to assess quadriceps muscle strength using a hand-held dynamometer (MicroFET 2) on the dominant limb at angles of knee 45° with fixation; knee 45° without fixation; knee 90° with fixation; knee 90° without fixation. The software generated a randomized sequence to determine the order of assessment. The results show that no significant differences were found in the 45° and 90° angles with and without fixation ($p > 0.05$); however, when comparing the 90° angle with the 45° angle, significant and superior differences were identified for the 90° torque in both conditions ($p < 0.022$). The results of this study suggest that the peak muscle force generated in dynamometry with the knee at 90° is more significant when compared to 45°, and there are no significant differences in the peak force generated both in dynamometry at 45° with and without fixation and at 90° with and without fixation.

Keywords: Manual Dynamometry; Quadriceps Muscle; Muscle strength; Lower Extremity.

¹Curso de Fisioterapia, Universidade Estadual de Londrina (UEL)
²Curso de Fisioterapia, UEL
³Programa de Mestrado e Doutorado em Exercício Físico na Promoção da Saúde, Universidade Norte do Paraná (Unopar)
⁴Programa de Mestrado e Doutorado em Ciências da Reabilitação UEL/Unopar

Autor correspondente:

Márcio Rogério de Oliveira, Ph.D. PT.
Departamento de Fisioterapia Universidade Pitágoras Unopar.
Programa de Mestrado e Doutorado em Exercício Físico na Promoção da Saúde.
Avenida Paris, 675 Paris, CP 86041-120, Londrina-PR, Brasil.
E-mail: marxroge@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A avaliação clínica de Força Muscular (FM) fornece informações que ajudam no diagnóstico e tratamento de pacientes afetados por patologias neuromusculares¹. Quantificar a magnitude da FM é importante para o contexto da saúde geral, especialmente, na reabilitação, pois fornece informações que ajudam o profissional a determinar objetivos-alvo, ajustar a carga nos exercícios propostos, além de verificar a efetividade e o progresso do plano de intervenção². Nesse sentido, um dos principais recursos para avaliação da FM é o dinamômetro.

Em relação à avaliação da FM com dinamômetro, um dos recursos mais utilizados é o Dinamômetro Manual (DM)^{3,4}, apresentando bons resultados de validade, confiabilidade e responsividade^{4,5}. Com esse instrumento, é possível notar duas condições de mensuração na literatura. A primeira utiliza o DM com resistência do terapeuta; nesse caso, para o presente estudo, a avaliação é chamada de *make test*. Nela, o avaliado exerce uma força máxima contra o examinador, que estabiliza o dinamômetro com sua mão enquanto tenta manter a posição do membro testado perante a força exercida pelo avaliado, como descrito previamente por outro estudo⁶. Na segunda, utiliza-se o dinamômetro fixo, em que uma cinta rígida e ajustável estabiliza o dinamômetro no membro a ser testado. Ambos os métodos são utilizados na prática clínica/pesquisa e, também, já foram objeto de estudo em pesquisas anteriores^{6,7}.

No geral, o grupo muscular que gera maior atenção entre clínicos e pesquisadores são os extensores de joelho. Sua importância para a saúde e qualidade de vida é consolidada no meio científico. Nesse sentido, Rodriguez et al.⁹ descreveram que, comumente, são encontrados déficits na FM de quadríceps e na capacidade de ativação dessa musculatura após cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior^{8,9}. Contudo, não está claro de que forma é possível avaliar o quadríceps em relação à angulação e ao modo de resistência do DM (*make test* ou fixo). Desse modo, antes de determinar os resultados em participantes com condições especiais

que apresentam desordem musculoesquelética, faz-se importante explorar o assunto em participantes que não apresentam viés patológico e/ou estrutural.

O objetivo do estudo foi, portanto, comparar a diferença no pico de FM na avaliação do músculo quadríceps utilizando DM, com e sem fixação em adultos jovens, nas angulações de 45° e 90° de joelho. A hipótese inicial deste estudo é que o pico de FM a 90° com e sem fixação é superior aos valores obtidos no ângulo de 45°.

MÉTODOS

Participantes

Trata-se de um estudo transversal com participantes de ambos os sexos recrutados de forma voluntária e por conveniência da comunidade local na cidade de Londrina, Paraná, por meio de folhetos e contatos pessoais. De acordo com a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, todos os participantes foram informados detalhadamente sobre os procedimentos utilizados, concordaram em participar de maneira voluntária do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Os critérios de elegibilidade para o estudo foram: adultos jovens ativos que não possuem algum tipo de lesão recente, principalmente de Membros Inferiores (MMII); não apresentar fraturas em MMII; estar apto fisicamente para realizar testes de FM e não participar de atividades físicas vigorosas do segmento avaliado 24 horas antes das avaliações (por exemplo, treino resistido de MMII, corrida, ciclismo etc.). Foram excluídos participantes que não conseguiram realizar os testes propostos. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), sob o parecer nº 5.103.494 (CAAE: 15194119.3.0000.0108).

Protocolo De Avaliação

Todos os dados foram coletados em uma sala com iluminação e temperatura

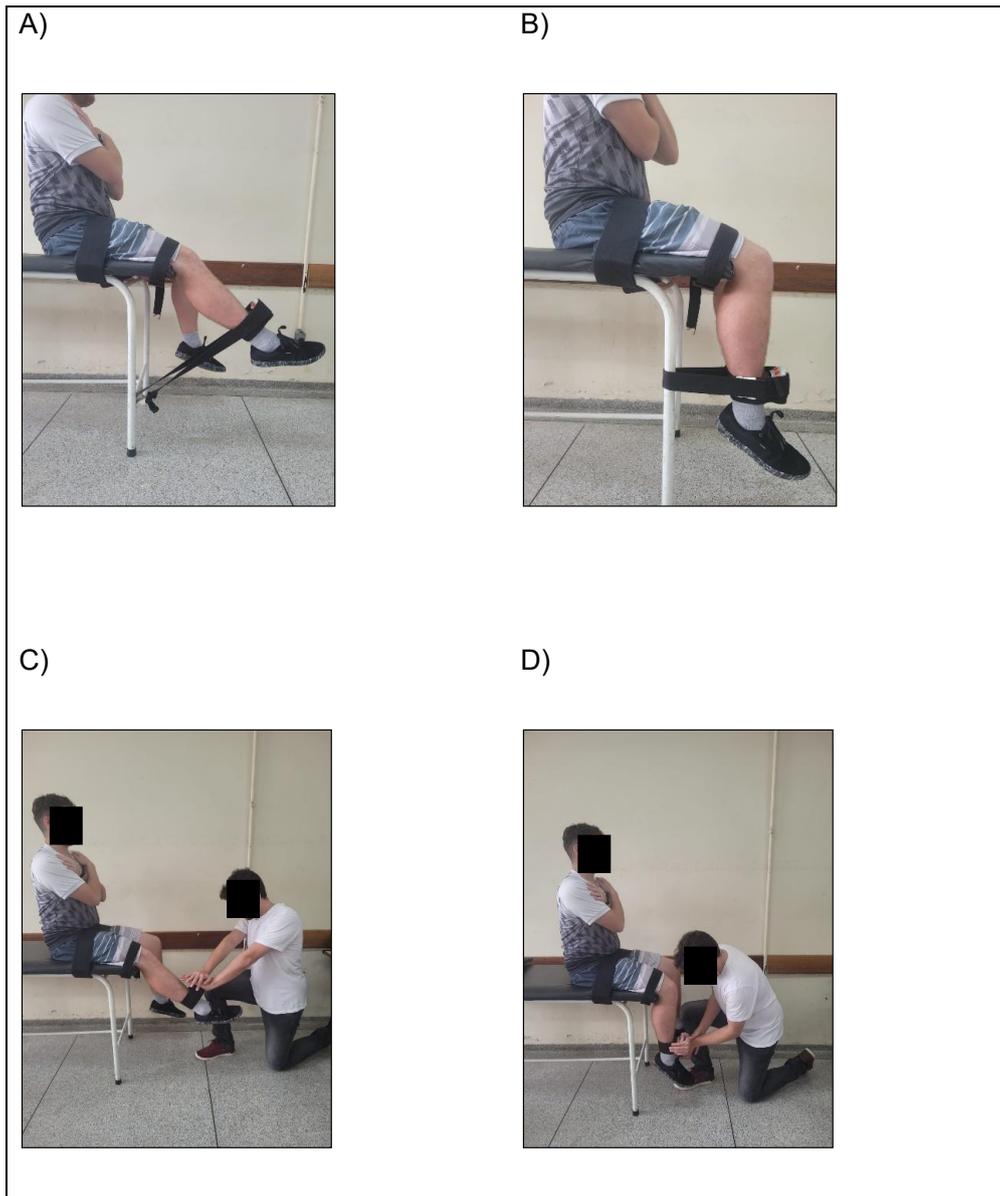
controladas ($\pm 22^\circ\text{C}$). As sessões de avaliação duraram até uma hora por participante. Todos os integrantes foram familiarizados com o protocolo e procedimentos antes de cada teste. Além disso, foi realizada uma aleatorização simples da amostragem, em que as amostras foram numeradas, assim como os tipos de avaliação (Joelho 90° com fixação / Joelho 90° sem fixação / Joelho 45° com fixação / Joelho 45° sem fixação), e aleatorizadas no site e inseridas em uma tabela, que foi impressa, recortada e colocada dentro de um recipiente onde o participante sorteou a sequência da avaliação.

Avaliação da força muscular

Foi realizada a avaliação de função e FM do músculo quadríceps com resistência manual e fixa nas angulações de 45° e 90° em adultos jovens no membro inferior dominante, determinado pela questão: “qual perna você usaria para chutar uma bola o mais longe possível?”. Para resistência manual, o avaliador permaneceu utilizando sua própria força e peso corporal para estabilizar o dinamômetro na posição “semiajoelhado”. O participante foi posicionado sentado na borda de uma maca com os membros inferiores para fora, em flexão de joelho e com as mãos cruzadas sobre o peito e realizou um aquecimento composto de uma contração isométrica a 50% de esforço antes de cada posição, com um minuto de descanso entre cada contração. Os MMII foram estabilizados com duas cintas, uma proximal posicionada próxima ao quadril e outra distal, próxima ao joelho. Na sequência, os participantes completaram três contrações isométricas máximas, segurando por aproximadamente cinco segundos e um minuto de intervalo entre uma contração e outra. Por fim, os dados de força obtidos em quilograma-força (kgf) foram normalizados pelo peso corporal de cada participante (força/peso corporal.100)¹⁰.

Para avaliação com resistência fixa, o dinamômetro ficou preso ao avaliado com uma fita de velcro, e a maca, com uma cinta, sendo necessário ao avaliador apenas orientar e fazer bom uso da voz de comando durante o teste (ver figura 1). O participante ficou na mesma posição que na avaliação com o DM sem fixação e os MMII estabilizados igualmente. Foi realizado o mesmo aquecimento já mencionado, mantendo um minuto de intervalo entre cada contração. Para a realização adequada da avaliação com o DM sem fixação, o mesmo avaliador realizou os testes em todos os participantes para evitar divergências de resultados. Foi padronizado para todos os testes o posicionamento do DM 10 cm acima do maléolo lateral do tornozelo. As posições de prova para realizar os testes foram padronizadas para ambos os dinamômetros, com ou sem fixação, sendo explicadas e demonstradas para todos os voluntários. As angulações de 45° e 90° foram medidas e verificadas por meio de um aplicativo de celular (inclinômetro digital, Car clinometer). O avaliador utilizou comando de voz e incentivo durante os testes, utilizando-se de palavras como “vamos” e “força” para incentivar os participantes. As avaliações foram realizadas exclusivamente no período vespertino.

Figura 1. Avaliação da força muscular do quadríceps a 45° com fixação (A); Avaliação da força muscular do quadríceps a 90° com fixação (B); Avaliação da força muscular do quadríceps a 45° sem fixação (C); Avaliação da força muscular do quadríceps a 90° sem fixação (D).



Foram utilizados dados de um estudo prévio para estimar o cálculo amostral a fim de identificar as diferenças no pico de FM do quadríceps com e sem fixação^{2,11,12}. Baseado nos valores médios e desvio-padrão do pico de torque da avaliação do quadríceps com fixação (866,9 [131,7] N) e os valores sem fixação (470,6 [179,8] N), 7 participantes são necessários por grupo para computar um test t não pareado com um poder de 0,90 e um tamanho do efeito de 1,91; estes dados foram obtidos por meio do programa GPower 3.1.

Os dados foram analisados por meio da estatística descritiva com média e desvio-padrão. A distribuição paramétrica dos dados foi analisada pelo teste de Shapiro Wilk. Uma vez confirmada a normalidade dos dados, testes-t de amostras dependentes foram realizados para comparar as medidas de FM dos participantes. O programa estatístico SPSS (versão 20.0 para Windows) e GraphPad Prism 6.01 para Windows foram utilizados em todas as análises. A significância adotada no estudo foi $p < 0,05$.

As características da amostra estão apresentadas na tabela 1. O percentual de FM normalizado para todas as condições avaliadas é apresentado nas figuras 2 e 3. No geral, não foram encontradas diferenças significativas nos ângulos de 45° e 90° com e sem fixação (Figura 2, $p > 0,05$). Contudo, quando comparado o ângulo de 90° com o de 45°, é possível identificar diferenças significativas para o torque de 90° em ambas as condições (com e sem fixação [figura 3, $p < 0,022$]). O pico de força de extensão do joelho avaliado com e sem fixação mensurado pelo DM varia de 53 a 17 kgf para o ângulo de 45° e de 77 a 24 kgf para o ângulo de 90°. Na comparação das forças médias avaliada com fixação (40 ± 3 kgf), a força média avaliada sem fixação (31 ± 2 kgf) foi significativamente menor ($p < 0,020$).

Tabela 1 – Características da amostra

Variável	Média	IC 95%
Idade (anos)	21 ± 12	20 - 23
Peso (kg)	76 ± 3	67 - 83
Altura (cm)	1,74 ± ,09	1,59 - ,94
IMC (kg/cm ²)	25 ± 2	23 - 27

Dados apresentados em média e desvio-padrão. IMC: Índice de Massa Corporal; IC: Intervalo de confiança de 95%.

Figura 2. Percentual de força muscular normalizado para 45° (A) e 90° (B) com e sem fixação

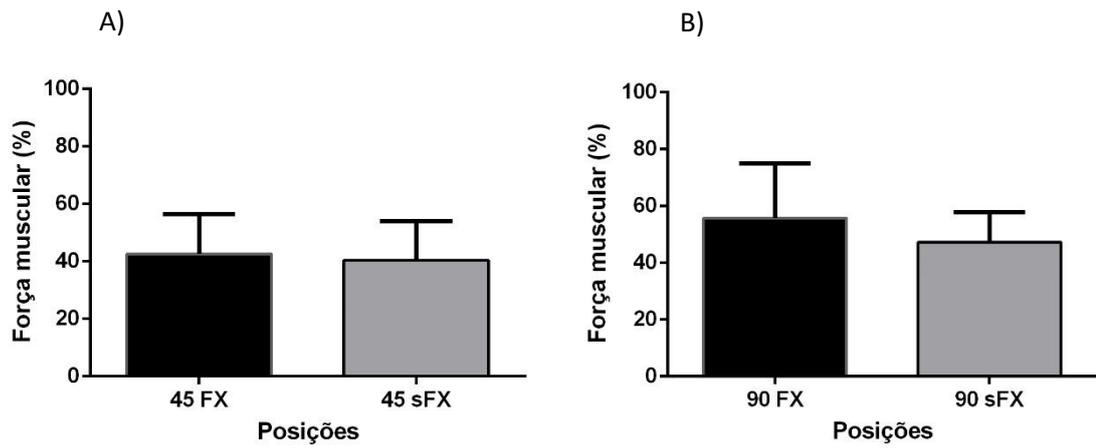
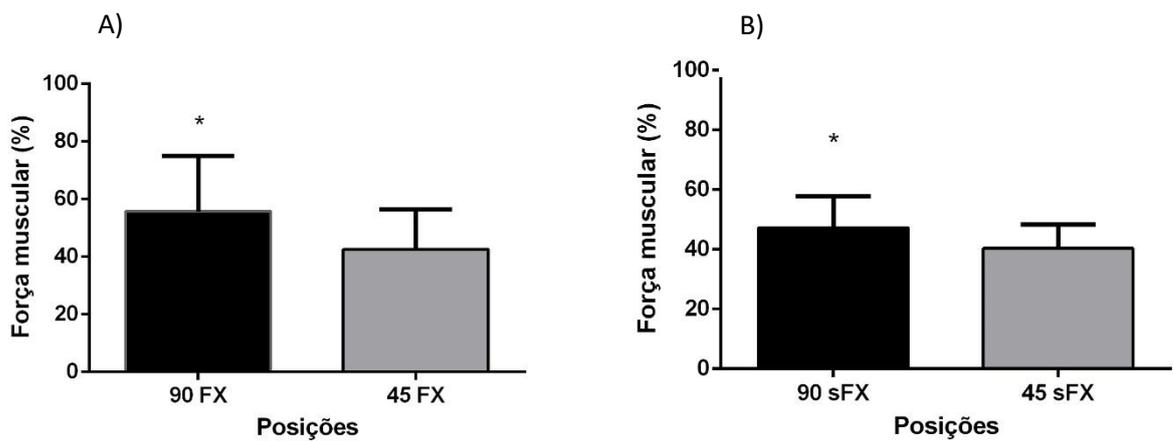


Figura 3. Percentual de força muscular normalizado comparando 45* e 90° com e sem fixação



DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo principal comparar a diferença no pico de FM na avaliação do músculo quadríceps do membro inferior dominante utilizando o DM, com e sem fixação em adultos jovens, nas angulações de 45° e 90° de joelho. Os principais resultados demonstraram que o pico de FM do quadríceps a 90° com e sem fixação é superior aos valores encontrados a 45° com e sem fixação, confirmando a hipótese inicial do estudo.

O estudo de Bohannon et al.¹³ analisou a magnitude da força de extensão de joelho medida com dinamômetro, com e sem a estabilização de um cinto. Os dados mostraram que a dinamometria do músculo quadríceps fixa por um cinto de estabilização demonstra valores de FM maiores quando comparados com a dinamometria manual resistida¹³. Esses achados são contrários aos encontrados no presente estudo, no qual foi demonstrado que, na dinamometria do músculo quadríceps, tanto na angulação de 45° quanto na angulação de 90° de joelho, os resultados com o cinto de estabilização não obtiveram valores de FM significativamente maiores quando comparados com dinamometria manual resistida. Tal acontecimento pode ter ocorrido devido aos testes do estudo de Bohannon et al.¹³ serem feitos em uma cadeira com apoio da coluna vertebral, o que poderia manter maior estabilidade e, conseqüentemente, gerar maior pico de FM. Contudo, o método apresentado pelos autores nesta pesquisa se aproxima da prática clínica em que os profissionais utilizam macas em sua maioria para avaliação – e os dados levantados no presente estudo teriam melhor aplicabilidade.

O uso de cinto para estabilizar o dinamômetro pode melhorar substancialmente a confiabilidade de medições obtidas e as ações musculares mais fortes^{8,12,14}. Por exemplo, excelente confiabilidade pode ser encontrada para o grupo extensor de joelho com valores de confiabilidade, Intervalo de Confiança Intraclasse (ICC) entre 0.93 - 0.98 em participantes saudáveis⁴⁻⁶. Por outro lado, para as medidas com estabilização do avaliador, bons resultados também são encontrados, os valores entre ICC: 0.87 – 0.84. Contudo, em relação ao erro de medida, o estudo de Florencio et al.¹⁴ demonstrou que as avaliações registradas com a estabilização do examinador

foram geralmente maiores do que aquelas observadas com a estabilização do cinto em torno de 5 kgf (IC 95% 1,1 – 8,4).

Lesnak et al.¹⁵ comparam a validade do DM com a fixação para medir o pico de torque isométrico do quadríceps em relação a uma mesma medida isométrica em um dinamômetro isocinético, cujos resultados apontam que o dinamômetro com fixação pode ser utilizado como um substituto para o dinamômetro isocinético. No entanto, apesar de a avaliação ser realizada com o joelho em uma angulação de 90°, ela não demonstra qual a melhor angulação para ter um resultado maior no pico de força. Dessa forma, os resultados apresentados aprimoram os meios de avaliação com dinamometria manual e podem contribuir para o direcionamento da avaliação física realizada pelos profissionais que atuam com movimento.

Cabe destacar que um dos pontos fortes deste estudo é o direcionamento da avaliação dos extensores de joelho com DM. A avaliação da FM é essencial para diagnóstico, tratamento e monitoramento da progressão de várias condições clínicas, além de ser importante para avaliar o desempenho físico funcional^{16,17}. Nesse contexto, a utilização do DM tem sido uma opção popular para avaliar a FM isométrica, pois é um instrumento simples, não invasivo, de baixo custo e fácil utilização^{18,19}.

Este estudo possui algumas limitações, em que podemos colocar que, na dinamometria manual sem fixação, o posicionamento do avaliador não foi avaliado e que posturas diferentes poderiam impactar nos resultados. Embora o número de participantes atenda aos critérios estatísticos mínimos, seria importante identificar os desfechos em uma população maior. Ademais, a confiabilidade dos testes não foi testada, o que poderia ajudar a identificar erros de medida.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo mostram que não houve diferença significativa no pico de FM do quadríceps entre as condições com e sem fixação, tanto na angulação de 45° quanto na de 90°. No entanto, o pico de FM foi significativamente maior na angulação de 90° em comparação com

45°, independentemente do uso de fixação do DM.

REFERÊNCIAS

1. Garcia MAC, Fonseca DS, Souza VH. Handheld dynamometers for muscle strength assessment: pitfalls, misconceptions, and facts. *Braz J Phys Ther.* 2021;25(3):231-232. doi:10.1016/j.bjpt.2020.09.003
2. Morin M, Duchesne E, Bernier J, Blanchette P, Langlois D, Hébert LJ. What is Known About Muscle Strength Reference Values for Adults Measured by Hand-Held Dynamometry: A Scoping Review. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation.* 2021;4(1):100172. doi:10.1016/j.arct.2021.100172
3. Zheng H, Sun W, Zhou Z, Tian F, Xiao W, Zheng L. Cut-off points for knee extension strength: identifying muscle weakness in older adults. *Eur Geriatr Med.* 2024;15(4):913-925. doi:10.1007/s41999-024-01009-7
4. Du W, Cornett KMD, Donlevy GA, Burns J, McKay MJ. Variability between Different Hand-Held Dynamometers for Measuring Muscle Strength. *Sensors (Basel).* 2024;24(6):1861. doi:10.3390/s24061861
5. Kittelson AJ, Christensen JC, Loyd BJ, Burrows KL, Iannitto J, Stevens-Lapsley JE. Reliability, responsiveness, and validity of handheld dynamometry for assessing quadriceps strength in total knee arthroplasty. *Disabil Rehabil.* 2021;43(21):3070-3077. doi:10.1080/09638288.2020.1730454
6. McNabb K, Sánchez MB, Selfe J, Reeves ND, Callaghan M. Handheld dynamometry: Validity and reliability of measuring hip joint rate of torque development and peak torque. *PLOS ONE.* 2024;19(8):e0308956. doi:10.1371/journal.pone.0308956
7. Fortes JPA, Hotta GH, Aguiar DP, Oliveira VBSD, Oliveira FCDMB, Santos-Júnior FFU. Reliability of the isometric dynamometer in control, paraplegic, and amputee individuals. *Acta ortop bras.* 2023;31:e255829. doi:10.1590/1413-785220233101e255829
8. Hirano M, Katoh M. Reliability of belt-stabilized handheld or isokinetic dynamometer-based isometric knee-extensor strength-testing when seated with the toes of the contralateral nonexamined side off the floor. *J Phys Ther Sci.* 2024;36(8):402-406. doi:10.1589/jpts.36.402
9. Rodriguez KM, Palmieri-Smith RM, Krishnan C. Quadriceps motor evoked torque is a reliable measure of corticospinal excitability in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Electromyogr Kinesiol.* 2022;67:102700. doi:10.1016/j.jelekin.2022.102700
10. Almeida GPL, Silva AP de MCCE, França FJR, Magalhães MO, Burke TN, Marques AP. Relationship between frontal plane projection angle of the knee and hip and trunk strength in women with and without patellofemoral pain. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2016;29(2):259-266. doi:10.3233/BMR-150622
11. Limsakul C, Sengchuai K, Duangsoithong R, Jindapetch N, Jaruenpunyasak J. Inter-rater and intra-rater reliability of isotonic exercise monitoring device for measuring active knee extension. *PeerJ.* 2023;11:e14672. doi:10.7717/peerj.14672
12. Hirano M, Katoh M, Gomi M, Arai S. Validity and reliability of isometric knee extension muscle strength measurements using a belt-stabilized hand-held dynamometer: a comparison with the measurement using an isokinetic dynamometer in a sitting posture. *J Phys Ther Sci.* 2020;32(2):120-124. doi:10.1589/jpts.32.120
13. Bohannon RW, Kindig J, Sabo G, Duni AE, Cram P. Isometric knee extension force measured using a handheld dynamometer with and without belt-stabilization. *Physiother Theory Pract.* 2012;28(7):562-568. doi:10.3109/09593985.2011.640385
14. Florencio LL, Martins J, da Silva MRB, da Silva JR, Bellizzi GL, Bevilaqua-Grossi D. Knee and hip strength measurements obtained by a hand-held dynamometer stabilized by a belt and an examiner demonstrate parallel reliability but not agreement. *Phys Ther Sport.* 2019;38:115-122. doi:10.1016/j.pts.2019.04.011

15. Lesnak J, Anderson D, Farmer B, Katsavelis D, Grindstaff TL. Validity of hand-held dynamometry in measuring quadriceps strength and rate of torque development. *Int J Sports Phys Ther.* 2019;14(2):180-187.
16. Lipovšek T, Kacin A, Puh U. Reliability and validity of hand-held dynamometry for assessing lower limb muscle strength. *Isokinetics and Exercise Science.* 2021;30:1-10. doi:10.3233/IES-210168
17. Eymir M, Yuksel E, Unver B, Karatosun V. Hand-Held Dynamometry in the Inpatient Care Setting After Total Knee Arthroplasty: Reliability of Static Knee Strength Measurements. *Am J Phys Med Rehabil.* 2021;100(6):570-575. doi:10.1097/PHM.0000000000001592
18. Morin M, Hébert LJ, Perron M, Petitclerc É, Lake SR, Duchesne E. Psychometric properties of a standardized protocol of muscle strength assessment by hand-held dynamometry in healthy adults: a reliability study. *BMC Musculoskeletal Disord.* 2023;24(1):294. doi:10.1186/s12891-023-06400-2
19. Garcia MAC. The (un)standardized use of handheld dynamometers on the evaluation of muscle force output. *Braz J Phys Ther.* 2020;24(1):88-89. doi:10.1016/j.bjpt.2019.10.004