Ângulos não treinados também são contemplados? Uma análise da transferência de força dinâmica e isométrica após o treinamento com diferentes amplitudes de movimento

Paulo Ricardo De David Evangelho[1], Marina Gurgel Simões[2], Deivid Ribeiro Rodrigues[1], Lucas Túlio de Lacerda[3], Gustavo de Conti Teixeira Costa[4], Henrique de Oliveira Castro[5], Gustavo Ferreira Pedrosa[1]

[1]Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Brasil
[2]Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, Brasil
[3]Universidade do Estado de Minas Gerais
[4]Universidade Federal de Goiás
[5]Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, Brasil

*Autor correspondente: gustavofpedrosa@gmail.com

Resumo:

Introdução: Ainda é questionável até que ponto a força adquirida em determinada amplitude de movimento (ADM) pode ser transferida para ângulos não treinados. **Objetivo:** Investigar se a manipulação da ADM no exercício banco extensor de joelhos influencia a transferência de força para ângulos não treinados, considerando medidas de força dinâmicas e isométricas. **Métodos:** 20 jovens não treinadas foram randomizadas em dois grupos de treinamento diferenciados pela ADM: amplitude parcial inicial (API: 100°–65° de flexão de joelho, n = 10) e amplitude parcial final (APF: 65°–30°, n = 10). O programa consistiu de 12 semanas de treinamento, realizado três vezes por semana com intensidade e volumes equiparados. Antes e após a intervenção, todas as participantes foram submetidas a testes de uma repetição máxima (1RM) nas duas faixas de ADM e a testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) nos ângulos de 30° e 100°. A transferência de força foi quantificada pelo cálculo do coeficiente de transferência de força (CT). **Resultados:** No teste de 1RM, o grupo API apresentou maior CT (0,61) em comparação ao grupo APF (0,36). No teste de CIVM, o grupo APF obteve maior CT (0,56) em relação ao grupo API (0,008). **Conclusão:** A manipulação da ADM influência de forma direta a transferência de força. O treinamento em API favorece maior transferência de força máxima para outras ADM em testes dinâmicos, enquanto o

treinamento em APF promove maior transferência de força em ângulos não treinados durante contrações isométricas, sugerindo adaptações específicas conforme o tipo de estímulo.

Palavras-chave: Treinamento de força; amplitude de movimento; coeficiente de transferência; isometria; treinamento dinâmico.

Are Untrained angles also considered? A dynamic and isometric transfer force analysis after different range of motion training

Abstract:

Introduction: It still is questionable to what extent the acquired range of motion (ROM) can be transferred to an untrained angle. **Objective:** Investigate whether the ROM manipulation in the knee extensor exercise influences the transfer force to untrained angle, considering dynamic and isometric measures. **Methods:** 20 untrained young women were randomized in two groups: Initial partial ROM (IPA: 100° - 65° knee flexion, n = 10) and final partial ROM (FPA: 65° - 30°, n = 10). The program consisted in 12 training weeks, realized three times per week with intensity and volume equivalent. Before and after the intervention, all the participants were submitted the one repetition maximum (1RM) tests in the two ROM and the maximum voluntary isometric contraction (MVIC) test in the 30° and 100°. The force transfer was quantified for the force transfer coefficient (TC) calculation. **Results:** In 1RM test, the IPA group presented greater CT (0,61) than FPA group (0,36). In MVIC test, FPA group obtained greater CT (0,56) than IPA (0,008). **Conclusion:** The ROM manipulation influences directly force transfer. FPA training increased greater TC maximum to other ROMs in dynamic tests, while the FPA training increased greater TC in untrained angles during isometric contractions suggesting specific adaptations according to the type of stimulus.

Key-Words: Resistance training, range of motion, transfer coefficient, isometric, dynamic training.

¿Se consideran también los ángulos sin entrenamiento? Un análisis de la transferencia de fuerza dinámica e isométrica tras el entrenamiento con diferentes rangos de movimiento.

Resumen:

Introducción: Todavía es cuestionable hasta qué punto la fuerza adquirida en una determinada amplitud de movimiento (ADM) puede transferirse a ángulos no entrenados. **Objetivo:** Investigar si la manipulación de la ADM en el ejercicio de extensión de rodillas en banco influye en la transferencia de fuerza hacia ángulos no entrenados, considerando medidas dinámicas e isométricas. **Métodos:** 20 voluntarias no entrenadas fueron asignadas aleatoriamente en dos grupos: amplitud parcial inicial (API: 100°–65° de flexión de rodilla, n = 10) y amplitud parcial final (APF: 65°–30°, n = 10). El programa consistió en 12 semanas de entrenamiento, realizado tres veces por semana con intensidad y volúmenes equiparados. Antes y después de la intervención, todas las participantes fueron sometidas a pruebas de una repetición máxima (1RM) en las das franjas de ADM y a pruebas de contracción isométrica voluntaria máxima (CIVM) en los ángulos de 30° y 100°. La transferencia de fuerza fue cuantificada mediante el cálculo del coeficiente de transferencia de fuerza (CT). **Resultados:** En 1RM, el grupo API presentó mayor CT (0,61) en comparación con el grupo APF (0,36). En CIVM, el grupo APF obtuvo mayor CT (0,56) en relación con el grupo API (0,008). **Conclusión:** La manipulación de la ADM influye de forma directa en la CT. El entrenamiento en API favorece una mayor CT máxima hacia otras ADM en pruebas dinámicas, mientras que el entrenamiento en APF promueve una mayor CT en ángulos no entrenados durante contracciones isométricas, lo que sugiere adaptaciones específicas según el estímulo.

Palabras clave: Entrenamiento de fuerza; amplitud de movimiento; coeficiente de transferencia; isometría; entrenamiento dinámico.

Introdução

O treinamento de força promove diversos benefícios fisiológicos e funcionais, como o aumento da força muscular, da densidade mineral óssea, da composição corporal e da capacidade funcional em diferentes populações (Schoenfeld; Grgic; Ogborn; Krieger, 2021; Suchomel; Nimphius; Stone, 2016; Dankel *et al.*, 2017). Tais ganhos são atribuídos, por exemplo, a adaptações neurais, incluindo aprimoramento da coordenação intra e intermuscular e maior recrutamento de unidades motoras, bem como a modificações morfológicas, incluindo o aumento da espessura muscular, do comprimento fascicular e da área de secção transversa (Lee; Park; Lee; Park, 2024; Walker, 2021).

A magnitude das adaptações decorrentes do treinamento de força é modulada pela manipulação de variáveis fundamentais, como intensidade, volume, intervalo entre séries, seleção de exercícios e amplitude de movimento (ADM) (Kraemer; Ratamess, 2004; Grgic *et al.*, 2017; Pereira *et al.*, 2021). Particularmente, a ADM tem despertado crescente interesse em função de sua influência sobre a magnitude e a especificidade das adaptações de força (Maia; Libardi; Simão; Willardson, 2022). Evidências apontam que o treinamento realizado em ADM parciais está associado a maiores aumentos de força dinâmica dentro do espectro da amplitude treinada (Bloomquist *et al.*, 2013; Pedrosa *et al.*, 2022). Esses achados reforçam o princípio da especificidade angular, segundo o qual os ganhos de força tendem a se concentrar nos ângulos/ADM em que o treinamento é executado (Rhea *et al.*, 2016).

Evidências indicam que os ganhos de força obtidos na ADM treinada podem apresentar certo grau de transferência para amplitudes não treinadas, particularmente quando os exercícios são executados com restrição aos ângulos iniciais de uma ADM completa (Pedrosa *et al.*, 2022; Graves *et al.*, 1989). Tal fenômeno mostra-se especialmente relevante em contextos esportivos e de reabilitação, nos quais a transferência de ganhos pode favorecer o restabelecimento funcional em menor tempo ou devido a uma limitação de ADM do paciente. No contexto do aumento de força isométrica em diferentes ângulos após um período de treinamento, evidências sugerem que o treino realizado em um ângulo dentro da amplitude parcial inicial (API), correspondente ao músculo em posição alongada, promove maior transferência de força para ângulos não treinados (Graves *et al.*, 1989). Em contraste, o treinamento isométrico em um ângulo dentro da amplitude parcial final (APF), no qual o músculo se encontra encurtado durante a execução, apresenta menor efeito de transferência (Kubo *et al.*, 2006; Noorkõiv; Nozaka; Blazevich, 2014). Esses estudos indicam que estímulos aplicados em comprimentos musculares alongados estão associados a maior transferência de força isométrica para ângulos não treinados do que aqueles realizados em comprimentos encurtados.

Todavia, nenhum dos estudos previamente citados (Kubo *et al.*, 2006; Graves *et al.*, 1989; Pedrosa *et al.*, 2022; Noorkõiv; Nozaka; Blazevich, 2014) quantificou objetivamente o grau de transferência de força, uma vez que não aplicaram o coeficiente de transferência (CT). Esse indicador expressa a razão entre o ganho de força em uma ADM não treinada e o ganho obtido na ADM treinada (Rhea *et al.*, 2016), possibilitando mensurar de forma direta a eficiência da transferência adaptativa entre condições. Além disso, o uso do CT minimiza distorções relacionadas à magnitude absoluta dos ganhos ou às diferenças basais entre grupos, permitindo uma comparação proporcional e mais sensível entre diferentes protocolos de

treinamento. Além disso, a maioria dos estudos que investigaram a transferência de força utilizou exercícios multiarticulares, tais como o agachamento (Weiss *et al.*, 2000; Rhea *et al.*, 2016), nos quais o controle da ADM e dos ângulos específicos é restringido por fatores biomecânicos. Em contrapartida, a literatura apresenta um número reduzido de investigações conduzidas com exercícios monoarticulares, como a cadeira extensora, que possibilitam maior controle da amplitude de movimento e a mensuração da força em ângulos articulares isolados, o que poderia contribuir para melhor entendimento da resposta de transferência de força.

Adicionalmente, são escassas as investigações que examinaram os efeitos do treinamento dinâmico sobre a força isométrica em ângulos solicitados ou não durante a execução do exercício (Graves *et al.*, 1989). Essa abordagem é particularmente relevante, pois possibilita a aplicação do CT entre ângulos treinados e não treinados, ampliando a compreensão acerca da especificidade e da generalização das adaptações (Pedrosa *et al.*, 2022; Graves *et al.*, 1989; Noorkõiv; Nozaka; Blazevich, 2014). Outra vertente ainda pouco explorada refere-se à comparação entre os ganhos de força dinâmica e os ganhos de força isométrica em ângulos específicos. Tal análise assume relevância em contextos esportivos que demandam elevada produção de força isométrica em posições articulares particulares — como no judô e em outras modalidades de combate — podendo fornecer evidências valiosas para otimizar a prescrição de exercícios voltados à melhoria do desempenho funcional (Cid-Calfucura *et al.*, 2023).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo comparar o CT de força máxima dinâmica e isométrica entre dois grupos de treinamento manipuladas pela ADM: API e APF. Baseado nos estudos anteriores (Pedrosa *et al.*, 2022; Bloomquist *et al.*, 2013, Rhea *et al.*, 2016), hipotetiza-se que o grupo de treinamento na condição API terá maior transferência de força para ângulos e ADM não treinada do que o grupo de treinamento na condição APF.

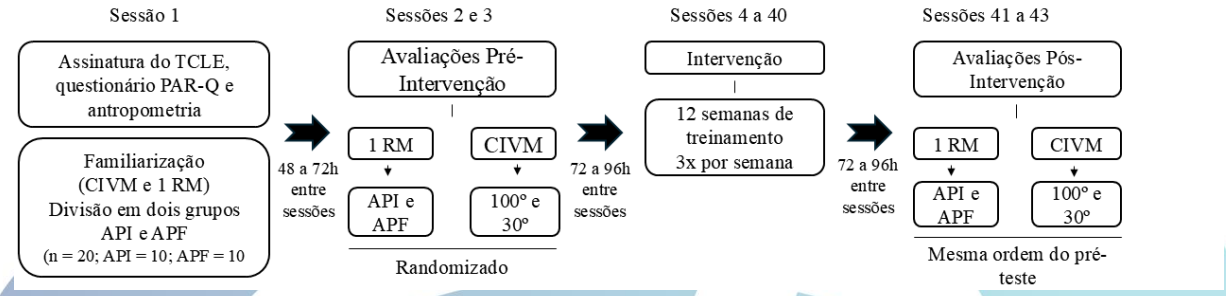
Métodos

Desenho experimental

O estudo foi composto por 43 sessões de coleta, com um intervalo de 72h a 96h entre cada sessão. Na primeira sessão, foi realizada a coleta dos dados antropométricos, assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), além do preenchimento do questionário PAR-Q. Em seguida, foi realizada uma familiarização dos testes de uma repetição máxima (1RM) nas ADMs treinadas (API e APF) e dos testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) nos ângulos de 100º e 30º (0º = joelho estendido) no

exercício cadeira extensora. Na segunda e terceira sessão, foram realizados os testes de 1 RM e de CIVM. A intervenção teve uma duração de 12 semanas com 3 sessões de treinamento em cada semana (sessões 4-40). Por fim, nas sessões 41 a 43 foram realizadas as reavaliações pós-intervenção. A Figura 1 ilustra o desenho experimental.

Figura 1. Desenho de estudo



TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; CIVM: Contração Isométrica Voluntária Máxima; API: Amplitude Parcial Inicial; APF: Amplitude Parcial Final

Procedimentos éticos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (nº 01758518.1.0000.5149), em conformidade com a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. As participantes foram devidamente informadas sobre os objetivos, procedimentos, riscos e benefícios da pesquisa e, após os esclarecimentos necessários, assinaram o TCLE, estando cientes de que poderiam retirar-se da participação a qualquer momento, sem prejuízo.

Amostra

Para o cálculo amostral foi utilizado o software G.Power 3.11 com as seguintes informações: tamanho do efeito = 0,62, erro α = 0,05, poder = 80%. O tamanho do efeito foi determinado a partir do estudo de Rhea et al. (2016) utilizando as informações de força de um grupo que treinou em uma ADM e o aumento foi testada em outra ADM. Com essas configurações o software calculou um n = 18 pessoas. Para atender possíveis perdas amostrais, foram recrutadas 20 pessoas (10 em cada) com idade entre 18 e 30 anos, sem experiência prévia em treinamento de força ou afastadas dessa prática por, no mínimo, seis meses (Tabela 1). Como critérios de inclusão, as participantes não poderiam apresentar doenças ou histórico de lesões musculoesqueléticas nas articulações do tornozelo, joelho, quadril ou coluna e responder negativamente a todas as questões do questionário PAR-Q. Como critérios de exclusão, determinou-se uma frequência mínima de 85% do número de

sessões de treinamento, bem como a manutenção do estado de saúde das participantes durante o treinamento e testes.

Tabela 1. Características antropométricas das participantes.

Variáveis	Grupo API (n = 10)	Grupo APF (n = 10)
Idade (anos)	23,56 ± 3,13	23 ± 3,08
Massa (kg)	61,5 ± 12,03	60,28 ± 8,38
Estatura (m)	1,61 ± 0,04	1,60 ± 0,04
% de Gordura Corporal	24,13 ± 6,14	26,25 ± 4,28

API: Amplitude Parcial Inicial; APF: Amplitude Parcial Final.

As voluntárias foram distribuídas aleatoriamente nos dois grupos de treinamento (API ou APF). O grupo API foi treinado na cadeira extensora com a amplitude limitada entre 100° e 65° de flexão do joelho (sendo 0° a posição totalmente estendida), enquanto o grupo APF treinou apenas entre 65° e 30° de flexão do joelho.

Procedimentos

Primeira sessão de coleta: As voluntárias foram submetidas à avaliação antropométrica, que incluiu a mensuração da massa corporal e estatura por meio de balança analógica com estadiômetro acoplado (FILIZOLA®), além da estimativa do percentual de gordura corporal por dobras cutâneas, utilizando a equação de Jackson e Pollock (1980). Em seguida, foi realizada a padronização do posicionamento na cadeira extensora (Master Equipamentos®, Brasil). Para esse procedimento, o encosto e o assento foram ajustados de modo a formar um ângulo de 110º entre o tronco e o quadril; o epicôndilo lateral do fêmur foi alinhado ao eixo de rotação da máquina (Diniz, 2016) e a almofada posicionada aproximadamente 3 cm acima do maléolo medial (Ullrich; Kleinoder, H.; Brüggemann, 2009). Todos os ajustes individuais foram registrados e mantidos ao longo do estudo. Além disso, foi realizada uma familiarização dos testes de 1RM nas duas ADMs (API e APF) e dos testes de CIVM nos dois ângulos (30º e 100º) de flexão de joelho investigados.

A familiarização aos testes de 1RM nas ADMs API e APF na cadeira extensora ocorreram de forma aleatória com um intervalo de 30 minutos entre os testes. Para cada ADM

testada foram permitidas até seis tentativas com pausas de 5 minutos para alcançar o maior valor de peso levantado. Os pesos foram ajustados progressivamente (incrementos mínimos de 1,0 kg), sendo invalidadas as tentativas em que a ADM pré-estabelecida não foi atingida. A confiabilidade desse procedimento foi previamente validada, com coeficiente de correlação intraclasse (CCI) superior a 0,92 (Pedrosa *et al.*, 2022).

Dez minutos após a última tentativa da familiarização aos testes de 1RM foi iniciada a familiarização aos testes de CIVM nos ângulos de 100º e 30º de flexão de joelho (0º = joelho totalmente estendido) na cadeira extensora. Para cada ângulo foram realizadas duas CIVM de 3s de duração com 2 min de intervalo. O pico de força produzida durante a CIVM foi registrado por uma célula de carga de tração e compressão (tipo S, TEDEA®, capacidade de até 500 kg, faixa de tensão de ±10V), conectada em série ao cabo de aço entre o suporte de anilhas e o braço mecânico.

Os sinais da célula de carga foram convertidos por uma placa de aquisição analógico-digital (Biovision®, Wehrheim, Alemanha), com frequência de amostragem de 2.000 Hz. O registro e o tratamento dos dados foram realizados por meio do software DasyLab 11.0 (Measurement Computing Corporation, Norton, MA, EUA), utilizando *worksheets* específicos para determinação do pico de torque isométrico (pico de força multiplicado pela distância em metros entre o ponto de aplicação da força e o eixo de rotação do equipamento) após a coleta. Para ambos os testes foram fornecidos estímulos verbais padronizados para maximizar o desempenho. Para garantir a padronização do posicionamento e minimizar movimentos acessórios, utilizou-se um cinto de segurança em todos os procedimentos (Figura 2).

Figura 2. Célula de carga conectada em série com o suporte para anilhas (B) e cinto de segurança (C)

A **B**

Segunda e terceira sessão de coleta: A segunda sessão de coleta ocorreu entre 48 a 72 horas após a primeira sessão de coleta. Nessa sessão ocorreram o teste de 1RM em uma das ADMs e a CIVM nos dois ângulos testados, de forma semelhante ao ocorrido na familiarização. A terceira sessão ocorreu 48 horas após a segunda sessão e nela ocorreu o teste de 1RM na ADM ainda não testada e os testes de CIVM nos dois ângulos (invertendo a ordem da sessão anterior). O resultado dos testes de 1RM serviram para configurar a intensidade do treinamento nos grupos específicos e a média dos valores de CIVM nos dois dias de testes foram utilizados para tratamento estatístico.

Sessão de coleta 4 a 40: Intervenção. O treinamento teve duração de 12 semanas, com três sessões semanais (totalizando 36 sessões), intercaladas por intervalos de 48 a 72 horas. Antes de cada sessão, foi realizada uma série de familiarização com 10 repetições, sem carga adicional, respeitando a ADM e o tempo das ações musculares, e após um intervalo de 3 a 5 minutos iniciava-se o treinamento. A progressão do número de séries seguiu as diretrizes propostas por Diniz (2016), sendo: três séries nas semanas 1–2; quatro nas semanas 3–5; cinco nas semanas 6–8; e seis séries nas semanas 9–12.

A intensidade foi estabelecida em 60% do valor de 1RM obtido nos testes iniciais (Tan, 1999). Os protocolos API e APF foram equiparados quanto ao volume, intensidade, intervalo entre séries, distância angular e tempo de execução, diferenciando-se apenas pela ADM utilizada, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Configurações dos protocolos experimentais.

Protocolo	Séries	Repetições	Intensidade (%1RM)	Pausa entre séries	Tempo de duração	ADM
API	3-6	7	60%	180	2	100º - 65º

APF	3-6	7	60%	180	2	65º - 30º

API: Amplitude parcial inicial; **APF:** Amplitude parcial final; **ADM:** Amplitude de movimento.

Para manter a intensidade relativa, realizaram-se novos testes de 1RM a cada seis sessões de treinamento ao longo de todo o período de intervenção. Esses testes, destinados ao ajuste da carga relativa, foram realizados dez minutos antes do início da sessão de treinamento. A ADM foi controlada por meio de anteparos físicos e feedbacks visuais e acústicos e a duração das ações musculares foi de 2s para a concêntrica e 2s para a excêntrica controlados por um metrônomo.

Sessão de coleta 41 a 43. As sessões após treinamento foram reservadas para a realização das reavaliações dos testes de 1RM e CIVM pós-intervenção e ocorreram entre 72 e 96 horas após o término do treinamento, em horários semelhantes aos da avaliação inicial. Nesses dois dias, os testes de 1RM e CIVM foram reaplicados, mantendo-se a ordem das ADMs e ângulos utilizada no pré-teste para cada voluntária.

Análise Estatística

Para o cálculo do CT foi utilizado o protocolo do Rhea *et al.*, 2016, onde inicialmente foi calculado a diferença absoluta dos valores médios pré e pós intervenção em cada teste em cada grupo de treinamento, ou seja, no teste de 1RM na ADM treinada e não treinada e nos testes de CIVM nos dois ângulos testados. O resultado em cada teste foi dividido pelo desvio padrão (DP) do valor pré-intervenção, obtendo-se assim o ganho do teste (GT).

$$\frac{GT = \mu PÓS - \mu PRÉ}{DP\ PRÉ}$$

Em seguida, para calcular o CT foi realizado uma divisão do GT na ADM treinada pelo GT na ADM não treinada – esse cálculo foi realizado tanto para API quanto para o APF. Similarmente, o CT nos testes de CIVM foi obtido pelo mesmo procedimento estatístico, por meio da razão entre o torque gerado no ângulo não treinado e o torque gerado no ângulo treinado.

$$CT = \frac{GT\ não\ treinado}{GT\ treinado}$$

Os valores de CT de cada grupo de treinamento foram comparados diretamente para os testes de 1RM e CIVM.

Resultados

No grupo APF, uma voluntária não concluiu o treinamento e seus dados foram excluídos da análise. Outra participante desse grupo relatou dores musculares durante os testes de CIVM no pós-treinamento, motivo pelo qual suas informações também foram retiradas nesse teste. Assim, os resultados do teste de 1RM incluíram 10 mulheres do grupo API e 9 do grupo APF, enquanto os testes de CIVM contaram com 10 do grupo API e 8 do grupo APF. Os valores descritivos de cada teste pré e pós-intervenção, bem como de GT e CT podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficientes de transferências e ganho de treino das variáveis de treinamento para as variáveis de desempenho.

Teste	Grupo	ADM ou ângulo testado	Pré	Pós	Ganho %	GT não-treinado	GT treinado	CT
1 RM (kg)	API	API	41,8 ± 9,5	54,6 ± 11,3	31,84*	0,81	1,34	0,61
		APF	41,1 ± 7,8	47,4 ± 9,5	15,70*			
	APF	API	38,4 ± 8,2	41,6 ± 7,2	8,55	0,34	0,93	0,36
		APFº	40 ± 8,3	47,8 ± 8,3	20,6*			
CIVM (N.m)	API	30º	199,6 ± 42,6	199,9 ± 43,0	1,0	0,008	0,94	0,008
		100º	229 ± 48,8	274,7 ± 54,8	20,6*			
	APF	30º	190,9 ± 45,2	219,6 ± 30,7	17,97*	0,36	0,63	0,56
		100º	216,8 ± 33,1	228,6 ± 41,3	5,16			

1 RM: Contração Voluntária Máxima; CIVM: Contração Isométrica Máxima; API: Amplitude Parcial Inicial; APF: Amplitude Parcial Final; CT: Coeficiente de Transferência; GT: Ganho do Treino. * = aumento significativo (valor pós maior que o pré – test t pareado – $p < 0,05$).

No teste 1 RM, o CT foi maior no grupo API (CT = 0,61) do que no grupo APF (CT = 0,36), demonstrando que o treinamento na API permitiu maior transferência de força para uma ADM não treinada do que o treinamento na APF. Já no teste de CIVM, o CT do grupo APF (CT = 0,56) foi maior do que do grupo API (CT = 0,008), sugerindo que o treinamento na API transferiu menos força isométrica do ângulo treinado (100º) para o ângulo não treinado (30º).

Discussão

O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da manipulação da ADM durante o treinamento de cadeira extensora sobre a transferência de força, considerando o desempenho dinâmico em diferentes amplitudes e a produção de força isométrica em distintos ângulos articulares. Os resultados demonstraram que o treinamento na API esteve associado a maior CT de força dinâmica para uma ADM não treinada, quando comparado ao treinamento na APF (CT: API = 0,61; APF = 0,36). Em contrapartida, o CT de força isométrica foi superior no grupo APF em relação ao grupo API (CT: APF = 0,56; API = 0,008). Essa diferença entre os resultados de CT isométrico pode ser atribuída, em parte, à disparidade nos ganhos do GT entre ângulos treinados e não treinados. No grupo API, o GT no ângulo treinado (GT = 0,94) foi substancialmente maior do que no ângulo não treinado (GT = 0,008), resultando em menor CT. Por outro lado, no grupo APF, o GT no ângulo treinado (GT = 0,63) apresentou valores mais próximos ao ângulo não treinado (GT = 0,36), o que contribuiu para elevar o CT. Assim, infere-se que a discrepância entre os GT observados atenuou os efeitos de transferência no grupo API. Assim, de forma geral, o grupo API apresentou maiores índices de transferência para os testes dinâmicos, enquanto o grupo APF apresentou índices superiores nos testes isométricos.

No estudo de Bloomquist *et al.*, (2013), o objetivo foi comparar os efeitos do treinamento de agachamento em diferentes ADM: raso (0º–60º) e profundo (0º–120º). Foram avaliados o teste de 1RM em ambas as condições e testes de CIVM a 75º e 105º de flexão de joelho (0º = joelho estendido). O grupo submetido ao agachamento profundo apresentou incremento aproximado de 20% em ambas as condições de teste, ao passo que o grupo do agachamento raso obteve aumento de 36% na condição treinada e apenas 9% na condição profunda. Nos testes de CIVM, o grupo do agachamento profundo apresentou maiores aumentos de torque em comparação ao grupo do agachamento raso, tanto a 75º (6% vs. 2%)

quanto a 105º de flexão de joelho (8% vs. 0%). De modo geral, os achados de Bloomquist *et al.*, (2013) corroboram os resultados do presente estudo, ao sugerirem que o treinamento que não contempla amplitudes que incluam contrações em comprimento muscular alongado apresenta transferência limitada de força para ângulos não treinados. Entretanto, os resultados referentes à CIVM divergem dos obtidos no presente estudo, uma vez que o CT de força isométrica foi superior no grupo APF em comparação ao grupo API. Uma possível explicação para essa discrepância refere-se à metodologia adotada: enquanto o presente estudo utilizou o CT, Bloomquist *et al.*, (2013) aplicaram testes *t* baseados na variação de desempenho. Além disso, os exercícios aplicados no presente estudo e em Bloomquist *et al.*, (2013) eram diferentes (cadeira extensora e agachamento, respectivamente), implicando em diferentes relações de sobrecarga mecânica ângulo a ângulo durante treinamento, o que pode ter repercutido na diferença dos resultados de CT isométrica entre os estudos.

Estudos prévios que investigaram o CT após o treinamento com diferentes ADMs relataram resultados consistentes com os observados no presente estudo (Weiss *et al.*, 2000; Rhea *et al.*, 2016). Weiss *et al.*, (2000) analisaram a transferência de força máxima dinâmica pelo teste de 1RM entre o agachamento raso (0º–60º) e o agachamento profundo (0º–120º). O treinamento realizado no agachamento profundo promoveu incremento no desempenho de 1RM no agachamento raso (CT = 1,7), ao passo que o treinamento no agachamento raso não resultou em aumento significativo no agachamento profundo (CT = -0,11). Resultados análogos foram reportados por Rhea *et al.*, (2016), que verificaram que o treinamento em ADM completa no exercício agachamento (0º–120º) gerou CT de força máxima dinâmica (teste de 1RM) de 0,59 para a ADM parcial intermediária (~85º–95º), enquanto o treinamento em ADM parcial intermediária apresentou CT de apenas 0,02 para a ADM completa. Em conjunto, esses achados indicam que ADM mais amplas favorecem maior transferência de força dinâmica para amplitudes não treinadas.

O presente estudo indicou que o treinamento em ADM inicial na cadeira extensora é mais eficaz para a transferência de força dinâmica. Graves *et al.*, (1989) investigaram se o treinamento em ADM parciais (inicial e final) e completa promove adaptações restritas à amplitude treinada ou se ocorre transferência para outras amplitudes por meio de testes de força isocinéticos. Os autores observaram que, quanto maior a distância entre a ADM treinada e a ADM avaliada, menor foi a transferência de força. Os achados do presente estudo corroboram em parte com essas evidências, uma vez que foram observados maior GT nos ângulos treinados, especialmente no grupo API, sugerindo que o aumento expressivo de força

pode estar correlacionado com adaptações específicas como a hipertrofia regional e melhorias em padrões de recrutamento atrelados ao sistema nervoso (Noorkõiv; Nozaka; Blazevich, 2014).

Limitações

Este estudo possui algumas limitações. Primeiro, o tamanho amostral de 20 mulheres, inicialmente, e posteriormente 18 pode ter influenciado nos resultados. Segundo, por ser participantes destreinadas o CT pode ter sido hiperestimado, logo esses resultados se limitam a um público específico e seus achados não devem ser extrapolados para outros públicos. Além disso, a análise foi realizada após o treinamento na cadeira extensora – o que inviabiliza a extrapolação para cenários que envolvam o treinamento simultâneo com diversos exercícios.

Conclusões

Os achados do presente estudo indicam que a manipulação da ADM exerce efeito direto sobre a transferência de força. No contexto da força máxima dinâmica, o treinamento na cadeira extensora em API demonstrou maior eficácia para promover ganhos em ADM não treinadas do que o treinamento na APF. Em relação ao desempenho da força isométrica, o treinamento na APF favoreceu maior transferência para um ângulo não treinado do que o treinamento na API. Esses resultados ressaltam a relevância da especificidade angular no planejamento do treinamento, permitindo a formulação de estratégias mais direcionadas para o desenvolvimento da força e a otimização do desempenho.

ORCID dos autores

Paulo Ricardo De David Evangelho (0009-0000-4878-0569), Marina Gurgel Simões (0000-0001-9138-8124), Deivid Ribeiro Rodrigues (0000-0003-3422-5673), Lucas Túlio de Lacerda (0000-0002-0735-8131), Gustavo de Conti Teixeira Costa (0000-0003-0911-8753), Henrique de Oliveira Castro (0000-0002-0545-164X), Gustavo Ferreira Pedrosa (0000-0002-9928-4124)

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse no presente estudo.

Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsa a um dos autores.

Referências

Bloomquist, K., Langberg, H., Karlsen, S., Madsgaard, S., *et al*. Effect of range of motion in heavy load squatting on muscle and tendon adaptations. **European Journal of Applied Physiology,** 113(8): 2133–2142, 2013.

Cid-Calfucura I, Herrera-Valenzuela T, Franchini E, et al. Effects of Strength Training on Physical Fitness of Olympic Combat Sports Athletes: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research Public Health,** 20(4): 3516, 2023

Diniz, R. C. R. **Comparação das respostas de hipertrofia inter e intramuscular e de força em ângulo específico após protocolos de treinamento de força com diferentes durações das ações musculares.** 85 p. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

Graves JE, Pollock ML, Jones AE, Colvin AB, *et al*. Specificity of limited range of motion variable resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 21(1): 84-9, 1989.

Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Sabol, F. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Sport and Health Science,** 10(2): 169–177, 2017.

Jackson, A. S.; Pollock, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition,** 40(3): 497-504, 1978.

Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** 36(4): 674–688, 2004.

Kubo, K., Ikebukuro, T., Maki, A., Yata, H., *et al.* Time course of changes in muscle and tendon properties during strength training and detraining. **Journal of Strength and Conditioning Research,** 20(3): 640–647, 2006.

Lee J, Park D, Lee JY, Park J. Effect of Warm-Up Exercise on Functional Regulation of Motor Unit Activation during Isometric Torque Production. **Journal of Human Kinetics,** 92: 29-41, 2024.

Maia, M. F. M., Libardi, C. A., Simão, R., & Willardson, J. M. Effects of partial vs. full range of motion resistance training on muscle hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports,** 32(5), 846–859, 2022.

Noorkõiv M, Nosaka K, Blazevich AJ. Neuromuscular adaptations associated with knee joint angle-specific force change. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** 46(8): 1525-37, 2014.

Pedrosa, G. F., Libardi, C. A., Souza, T. P., & Bottaro, M. Effects of different partial and full range of motion training protocols on muscle strength. **Isokinetics and Exercise Science,** 30(3): 271–278, 2022.

Pereira, M. C., de Salles, B. F., Gobbi, R. B., Novaes, J. S., *et al*. Effects of different range of motion training protocols on muscle strength and hypertrophy: a systematic review. **Journal of Sports Sciences,** 39(14): 1615–1623, 2021.

Rhea, M. R., Kenn, J. G., Peterson, M. D., Massey, D., *et al*. Joint-angle specific strength adaptations influence improvements in power in highly trained athletes. **Human Movement,** 17(1): 43–49, 2016.

Schoenfeld BJ, Grgic J, Ogborn D, Krieger JW. Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research,** 31(12): 3508-3523, 2017.

Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. The importance of muscular strength in athletic performance. **Sports Medicine,** 46(10): 1419–1449, 2016.

TAN, B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. **Journal of Strength and Conditioning Research,** 13(3): 289-304, 1999.

Ullrich, B.; Kleinoder, H.; Brüggemann, G.P. Moment-knee angle relations after specific exercise. **International Journal of Sports Medicine,** 30: 293–301, 2009.

Walker S. Evidence of resistance training-induced neural adaptation in older adults. **Experimental Gerontology,** 151: 111408, 2021.

Weiss, L. W; Frx, A. C; Wood, L. E; Relyea, G. E; Melton, Charlie. Comparative Effects of Deep Versus Shallow Squat and Leg-Press Training on Vertical Jumping Ability and Related Factors. **Journal of Strength and Conditioning Research** 14(3): 241-247, 2000.