

Artigo original



Journals
BAHIANA
SCHOOL OF MEDICINE AND PUBLIC HEALTH

Efeitos da dor experimental no desempenho dos músculos flexores do cotovelo após oito semanas de treinamento de força: um estudo piloto

Effects of experimental pain on elbow flexor muscles performance after eight weeks of strength training: a pilot study

Venécio de Paula Silva¹

Valmor Tricoli²

Ulysses Fernandes Ervilha³

¹Autor para correspondência. Universidade de São Paulo (São Paulo). São Paulo, Brasil. veniciusesc@gmail.com

^{2,3}Universidade de São Paulo (São Paulo). São Paulo, Brasil.

RESUMO | INTRODUÇÃO: O treinamento de força tem sido recomendado na reabilitação clínica, bem como no condicionamento físico de atletas. Não é incomum, em ambos os casos, a presença de dor durante a prática; no entanto, até o momento, não há informação consensual em relação aos efeitos da dor muscular aguda nas adaptações ao treinamento de força. **OBJETIVO:** O objetivo deste estudo piloto foi avaliar os efeitos da dor induzida experimentalmente na adaptação da força muscular após um período de treinamento de 8 semanas. **MÉTODO:** O estudo incluiu cinco voluntários saudáveis do sexo masculino e não treinados. Os participantes foram submetidos a um protocolo de treinamento de força (3x/semana durante 8 semanas) para os músculos flexores do cotovelo. A dor muscular aguda foi induzida no início de cada sessão de treinamento, por meio de infusão intramuscular de 2,5 ml de solução salina hipertônica (6%) no ventre do músculo bíceps braquial. A força dinâmica máxima (1RM) e a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) foram medidas antes e após quatro e oito semanas de treinamento. **RESULTADOS:** A força dinâmica máxima aumentou, em média, 37,3% e 78,4% após quatro e oito semanas, respectivamente. Entretanto, pouca ou nenhuma diferença foi encontrada na CIVM (-1,7% e -3,0% após quatro e oito semanas, respectivamente). **CONCLUSÃO:** Após 24 sessões de treinamento de força, com dor muscular aguda induzida a cada sessão, voluntários saudáveis aumentaram sua capacidade de produzir força dinâmica máxima em mais de 75%; entretanto, a força isométrica apresentou apenas pequenas variações negativas.

PALAVRAS-CHAVE: Dor muscular. Exercício. Força Muscular. Reabilitação.

ABSTRACT | INTRODUCTION: Strength training has been recommended in clinical rehabilitation, as well as in the physical conditioning of athletes. It is not uncommon, in both cases, the presence of pain during practice; however, to date, there is no consensual information about the effects of acute muscle pain on strength training adaptations. **OBJECTIVE:** The aim of this pilot study was to evaluate the effects of experimentally induced pain on muscle strength adaptation after an 8-week training period. **METHOD:** The study included five untrained, healthy male volunteers. Participants were submitted to a strength training protocol (3x/week for 8 weeks) for the elbow flexor muscles. Acute muscle pain was induced at the beginning of each training session through an intramuscular infusion of 2.5 ml of hypertonic saline (6%) into the biceps brachii muscle belly. Maximal dynamic strength (1RM) and maximal voluntary isometric contraction (MVIC) were measured at pre- and after four and eight weeks of training. **RESULTS:** Maximal dynamic strength increased, on average, 37.3% and 78.4% after four and eight weeks, respectively. However, little, if any, difference was found in MVIC (-1.7% and -3.0% after four and eight weeks, respectively). **CONCLUSION:** After 24 strength training sessions, with acute muscle pain induced every session, healthy volunteers increased their ability to produce maximal dynamic strength by more than 75%; however, isometric strength presented only small negative changes.

KEYWORDS: Muscle Pain. Exercise. Muscle Strength. Rehabilitation.

Submetido 18/07/2023, Aceito 22/09/2023, Publicado 09/10/2023

Rev. Pesqui. Fisioter., Salvador, 2023;13:e5339

<http://dx.doi.org/10.17267/2238-2704rpf.2023.e5339>

ISSN: 2238-2704

Editora responsável: Cristiane Dias

Como citar este artigo: Silva VP, Tricoli V, Ervilha UF. Efeitos da dor experimental no desempenho dos músculos flexores do cotovelo após oito semanas de treinamento de força: um estudo piloto. Rev Pesqui Fisioter. 2023;13:e5339. <http://dx.doi.org/10.17267/2238-2704rpf.2023.e5339>



1. Introdução

O treinamento de força tem sido amplamente recomendado para o tratamento de diversas desordens musculoesqueléticas, bem como no condicionamento físico de atletas.¹⁻³ Embora o treinamento de força algumas vezes seja realizado na presença de dor em ambiente de reabilitação clínica ou em programas de condicionamento físico-esportivo, pouco se sabe sobre os efeitos cumulativos da dor aguda no desempenho de força após um período de treinamento.

Alguns estudos têm demonstrado que a dor reduz a capacidade do músculo de gerar força.⁴⁻⁶ Isto é evidente em condições de dor crônica, bem como em modelos experimentais de dor, onde a influência da dor na produção de força muscular pode ser investigada especificamente sem os efeitos de adaptações comportamentais ou modificações na integridade do sistema musculoesquelético.⁷ Quando os efeitos da dor são verificados por meio de injeção local de solução salina hipertônica, alguns pesquisadores observaram alteração da atividade elétrica dos músculos agonistas, antagonistas e sinergistas, diminuição da taxa de disparo de unidades motoras e da amplitude de movimento articular, resultando na redução da capacidade do músculo de gerar força máxima.⁸⁻¹⁰

Henriksen et al.⁶ e Flaxman et al.¹¹ avaliaram os efeitos da dor muscular induzida na produção de força máxima dos músculos extensores e flexores do joelho. Os resultados mostraram redução de 8 a 15% na capacidade do músculo de gerar força. Da mesma forma para os membros superiores, alguns estudos apontam redução de 7,6% na força dos músculos rotadores externos do ombro, bem como diminuição de 5% na capacidade de geração de força dos músculos flexores do cotovelo na presença de dor.^{12,13}

Com base nesses achados, pode-se concluir que a dor muscular aguda afeta negativamente a capacidade dos músculos de produzir força e, assim, pode reduzir os efeitos positivos dos programas de treinamento de força.^{14,15} Curiosamente, a maioria dos estudos envolvendo dor e força muscular foram desenvolvidos com delineamento cross-over, o que dificulta a possibilidade de verificar os efeitos da dor na produção de força máxima ao longo do tempo.^{5,6,11}

Considerando as questões anteriormente citadas, seria interessante investigar os efeitos da dor na adaptação da força muscular após um período de treinamento. Portanto, o objetivo deste estudo piloto foi avaliar os efeitos cumulativos da dor muscular aguda induzida experimentalmente nas adaptações do desempenho de força após um período de treinamento de oito semanas. Nós teorizamos que a presença de dor muscular aguda durante o treinamento reduziria ou inibiria o ganho de força muscular.

2. Materiais e métodos

2.1 Procedimentos experimentais

Trata-se de um estudo piloto, longitudinal, com duração de oito semanas de intervenção com um programa de exercícios. Os participantes foram submetidos a um protocolo de treinamento de força unilateral. Uma semana antes do início das sessões de treinamento, todos os voluntários participaram de duas sessões de familiarização para eliminar quaisquer efeitos de aprendizado nos testes de força e para serem informados sobre todos os procedimentos experimentais.

2.2 Participantes

Cinco indivíduos do sexo masculino, saudáveis, não treinados (idade $20,6 \pm 2,6$ anos; estatura $1,72 \pm 0,04$ m; massa corporal $71,2 \pm 12,1$ kg), sem distúrbios musculoesqueléticos, participaram do estudo. Nenhum voluntário havia participado de qualquer tipo de treinamento sistemático de força nos últimos seis meses. Os participantes não estavam tomando nenhum medicamento para tratamento da dor, recursos ergogênicos ou suplementos nutricionais e não tinham sintomas relacionadas à dor. Além disso, os indivíduos foram solicitados a manter seus hábitos de sono, alimentação e hidratação durante o estudo. Todos os voluntários receberam informações escritas e verbais e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes da participação no estudo, o qual foi conduzido conforme a Declaração de Helsinki e aprovado pelo Comitê de Ética local (protocolo n. 2.002.120).

2.3 Testes e medidas

2.3.1 Teste de força dinâmica máxima (1RM)

A mensuração da força dos músculos flexores do cotovelo do membro superior direito de todos os voluntários foi realizada usando o teste de 1RM. O teste seguiu as diretrizes da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício.¹⁶ Os participantes realizaram um aquecimento geral de cinco minutos de corrida em esteira ergométrica a 9 km/h. Em seguida, os voluntários realizaram duas séries de aquecimento específico utilizando o exercício de flexão unilateral do cotovelo. Na primeira série, os voluntários realizaram oito repetições com intensidade correspondente a 50% 1RM estimada durante as sessões de familiarização. Na segunda série, os participantes realizaram três repetições com 70% 1RM estimada. Um intervalo de descanso de dois minutos foi concedido entre as séries de aquecimento. Três minutos após o aquecimento específico, iniciou-se o teste de 1RM. Os participantes realizaram um ciclo completo e correto de flexão unilateral do cotovelo (posição inicial com extensão total [180°], indo até 70° de flexão e retornando à posição inicial). O peso foi aumentado progressivamente até que o participante não conseguisse completar um ciclo de movimento correto. O número de tentativas não ultrapassou cinco, com intervalo de três minutos entre elas. Encorajamento verbal foi fornecido durante as tentativas. Os testes foram conduzidos pelo mesmo examinador e realizados nos momentos pré (Semana 0), após quatro (Semana 4) e oito semanas (Semana 8) de treinamento.

2.3.2 Contração isométrica voluntária máxima (CIVM)

O teste de CIVM foi realizado em um dinamômetro isocinético (Biodex System 3, Biomedical System, Newark, CA, EUA). Durante o teste, o participante sentou-se confortavelmente na cadeira do aparelho, mantendo o cotovelo do membro superior direito apoiado a um suporte de altura ajustável para manter o ombro a 45° de flexão e abdução. O centro de rotação estimado da articulação do cotovelo

foi alinhado com o centro de rotação do braço de alavanca do dinamômetro. O tórax, a pelve e o membro inferior direito foram fixados à cadeira por cintos para minimizar movimentos indesejados ou compensatórios. Logo após, um aquecimento específico (tentativas de CIVM estimadas de 50, 60 e 70% de 5 segundos de duração separadas por intervalos de descanso de 60 segundos) foi realizado. Em seguida, o participante foi orientado a realizar a CIVM, atingindo o pico de torque em até três segundos, com a articulação do cotovelo a 90°. Foram realizadas duas tentativas com um minuto de intervalo entre elas. O maior valor obtido foi considerado para análise estatística. Os testes foram conduzidos pelo mesmo examinador e realizados nos momentos pré (Semana 0), após quatro (Semana 4) e oito semanas (Semana 8) de treinamento.

2.4 Treinamento de força

O treinamento de força unilateral foi realizado três vezes na semana, com pelo menos 48h de descanso entre as sessões, durante oito semanas. O treinamento iniciou-se com um aquecimento de cinco minutos de corrida em esteira ergométrica a 9km/h, seguido de uma série de oito repetições, com aproximadamente 50% 1RM. Após o aquecimento, o participante foi submetido à indução da dor muscular aguda por infusão intramuscular de 2,5 ml de solução salina hipertônica (6%) no ventre do músculo bíceps braquial. Assim que a dor atingisse a pontuação 2 em uma escala visual analógica (EVA) de 0 a 10 (onde 0 indicava "sem dor" e 10 "dor intolerável"), o treinamento era iniciado, como mostra a Tabela 1. O exercício executado foi a flexão unilateral do cotovelo na posição sentada. A intensidade do treinamento progrediu ao longo das sessões com base nas repetições máximas (RM) e, caso o participante conseguisse realizar mais ou menos do que o número de repetições estabelecido em uma série, na série seguinte a quantidade de peso era ajustada. Um período de descanso de 60 segundos foi concedido entre as séries.

Tabela 1. Protocolo de treinamento de força

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
RM	10-12	10-12	8-10	8-10	8-10	8-10	6-8	6-8
Séries	3	3	4	4	5	5	6	6

RM = repetição máxima.
Fonte: os autores (2023)

2.5 Dor muscular induzida experimentalmente

A dor muscular foi induzida por meio de injeção intramuscular de 2,5 ml de solução salina hipertônica (6% NaCl) no músculo bíceps braquial, com tempo de infusão de aproximadamente 20 segundos, utilizando uma agulha descartável (30 mm, 8 mm) de aço inoxidável. A partir da terceira semana de treinamento, os participantes receberam uma infusão adicional de 1,5 ml de solução salina hipertônica, imediatamente após a última repetição da terceira série. Os participantes foram solicitados a classificar a intensidade da dor de 0 a 10 de acordo com a EVA.

2.6 Análise estatística

Os dados são apresentados de maneira descritiva com média \pm desvio padrão, quando apropriado. Além disso, o delta de mudança (%) foi calculado após quatro e oito semanas de treinamento.

3. Resultados

Os resultados mostraram que após o período de treinamento de força, houve aumento da força dinâmica máxima (1RM). Aumentos de 37,3% e 78,4% foram encontrados após quatro e oito semanas, respectivamente. Estes resultados são apresentados na Tabela 2. Por outro lado, os valores da CIVM apresentaram, em média, mudanças menores após os mesmos períodos de tempo (-1,7% e -3,0% após quatro e oito semanas, respectivamente) em comparação às medições da linha de base (Tabela 2).

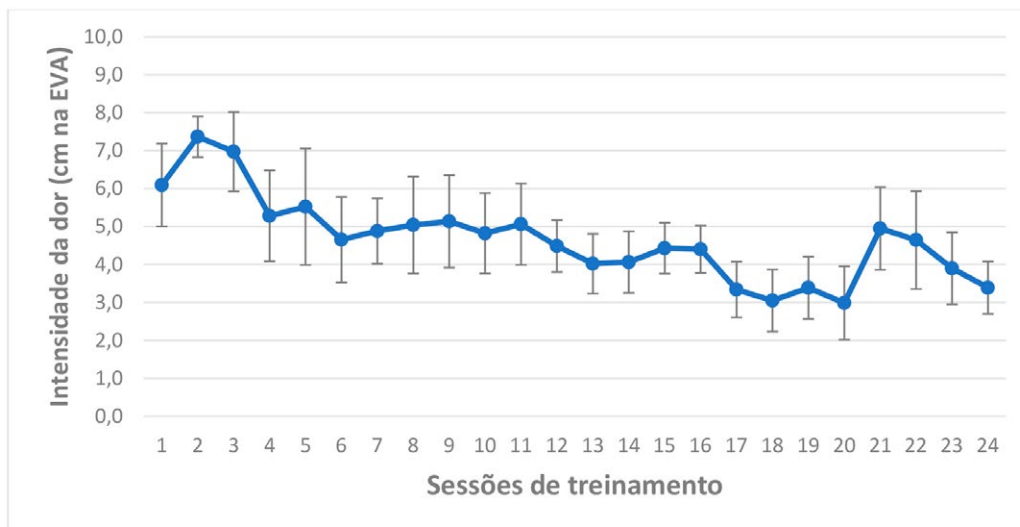
Tabela 2. Valores médios (\pm DP) e delta obtidos nos testes de 1RM e CIVM nos momentos pré (Semana 0), após quatro (Semana 4) e oito semanas (Semana 8) de treinamento de força (n=5)

Variáveis	Média \pm DP	(% a partir da semana 0)
1 RM* (Kg)		
Semana 0	10,2 \pm 1,6	
Semana 4	14,0 \pm 1,7	37,3
Semana 8	18,2 \pm 2,7	78,4
CIVM** (N·m)		
Semana 0	591,2 \pm 118,0	
Semana 4	581,0 \pm 159,0	-1,7
Semana 8	573,6 \pm 120,1	-3,0

*1RM = 1 repetição máxima; **CIVM = contração isométrica voluntária máxima.
Fonte: os autores (2023)

Os valores de intensidade da dor relatados pelos participantes após injeções de 2,5 ml e 1,5 ml de solução salina hipertônica são apresentados na Figura 1. A média do pico de intensidade da dor foi de $4,7 \pm 0,5$ cm na EVA.

Figura 1. Média (\pm DP) dos valores de intensidade da dor (EVA) registrados após cada série de exercício, calculados pela média entre os voluntários e por sessão de treinamento. As barras de erro mostram o desvio padrão



Fonte: os autores (2023)

4. Discussão

De acordo com nosso conhecimento, este é o primeiro estudo piloto a investigar os efeitos cumulativos da dor muscular aguda nas adaptações do desempenho de força após um período de treinamento de oito semanas. O novo achado do presente estudo foi que após 24 sessões de treinamento, com dor muscular aguda induzida a cada sessão, houve aumento na força dinâmica máxima (78,4%), enquanto a força isométrica máxima apresentou apenas uma pequena alteração negativa (-3,0%).

Nossos achados apontam que, embora a dor muscular estivesse presente em todas as sessões de treinamento, os participantes aumentaram sua força dinâmica. Este resultado foi inesperado, considerando os dados de estudos agudos envolvendo a produção de força muscular na presença de dor.⁴⁻⁶ Essas pesquisas mostraram diminuição na capacidade de geração de força na presença de dor, o que, em tese, impediria o aumento crônico dos valores de 1RM encontrados no presente trabalho, uma vez que todas as sessões de treinamento foram realizadas com dor induzida experimentalmente (Figura 1). Parece que se a dor muscular teve um papel inibitório durante o treinamento, a inibição não foi forte o suficiente para afetar negativamente as adaptações causadas pelo treinamento de força, pelo menos nos testes de 1RM. Além disso, alguns estudos têm demonstrado que após algumas sessões de treinamento, pode haver aumento da tolerância à dor por meio da excitação de sistemas opioides endógenos e mecanismos descendentes inibitórios nocivos.^{17,18} Portanto, este fenômeno pode explicar o aumento da 1RM observado no presente estudo. Deve-se ressaltar que nos trabalhos mencionados anteriormente⁴⁻⁶ a força foi mensurada aplicando-se testes isométricos e dinâmicos.

Nossos resultados estão de acordo com os achados de Sørensen et al.¹⁹, que também avaliaram os efeitos da dor muscular experimental na produção de força máxima. Os autores apontam que houve aumento significativo (24,6%) após oito semanas de treinamento de força. Segundo os pesquisadores, a reorganização neuromuscular durante a dor pode ser responsável pelas alterações observadas. Vários mecanismos possíveis podem ser propostos para explicar os ganhos de força na presença de dor. A dor pode inibir seletivamente unidades motoras de baixo limiar (predominantemente fibras musculares do tipo I) e, ao mesmo tempo, favorecer o recrutamento de unidades motoras de alto limiar (predominantemente fibras musculares do tipo II)^{19,20}, sendo estas responsáveis por uma maior produção de força.²¹ Assim, o presente estudo sugere que este fenômeno pode ter sido responsável pelo aumento de força observado nos testes de 1RM na presença de dor.

Ervilha et al.¹⁰ apontam que outro mecanismo responsável pelo aumento na capacidade de gerar força muscular durante condições dolorosas constitui-se na maior ativação dos músculos sinergistas ao movimento. No entanto, no estudo realizado por Hodges et al.²⁰, esse mecanismo não se sustentou. Os pesquisadores investigaram a taxa de disparo de unidades motoras dos músculos flexores plantares da articulação do tornozelo. Os potenciais de unidade motora isolada (UM) foram registrados nos músculos gastrocnêmio medial e sóleo. Durante o protocolo experimental, os voluntários realizaram flexão plantar do tornozelo para recrutar de 1 a 4 UMs, realizando 3 contrações de 20 segundos para uma determinada força-alvo antes, durante e após a dor experimental no gastrocnêmio lateral. Interessantemente, foi encontrada diminuição da taxa de disparo no músculo tríceps sural durante a dor. Para os autores, o efeito da dor não se restringe aos músculos doloridos e reduz a taxa de disparo da UM nos músculos sinergistas. Além disso, segundo Hodges e Tucker², a manutenção da força durante as contrações dolorosas ocorre por meio da redistribuição da atividade dentro e entre os músculos envolvidos em uma tarefa motora específica.

Outro achado de nossa investigação foram as pequenas alterações na capacidade de gerar força isométrica, mesmo após 24 sessões de treinamento. Curiosamente, o aumento de 1RM não foi acompanhado por uma mudança semelhante na força isométrica. No entanto, a explicação mais provável para esse resultado estaria relacionada ao fenômeno da especificidade. Talvez os voluntários necessitassem de mais sessões de familiarização com o teste de CIVM para otimizar a ativação neuromuscular específica durante a tarefa, como descrito por Sampson et al.²² Morrissey et al.²³ apontam que as adaptações ao treinamento de força são específicas para a modalidade em que os músculos são treinados. Outro estudo aponta que o aumento na produção de torque isométrico é específico nos ângulos articulares em que as ações musculares ocorreram durante o treinamento.²⁴ Além disso, as alterações na ativação muscular são específicas da contração, o que significa que a ativação muscular aumenta, mas apenas durante a ação muscular utilizada durante o treinamento.²⁵ Estes motivos podem justificar o aumento de desempenho nos testes de 1RM, mas não nos testes de CIVM.

Os estudos que avaliaram os efeitos da dor no desempenho da força muscular foram desenvolvidos com delineamento cross-over, o que dificultou as comparações com nossos achados. Por outro lado, apresentamos um estudo piloto inédito na literatura. Não há um único estudo envolvendo dor muscular experimentalmente induzida em humanos com o número de sessões de treinamento para membros superiores realizadas no presente estudo. Nossos resultados mostram que, apesar da presença de dor aguda, é possível aumentar a capacidade muscular de gerar força dinâmica máxima. Se considerarmos que a maioria dos protocolos de reabilitação utiliza ações musculares dinâmicas e isométricas, nossos achados apontam que a presença de dor durante o treinamento pode ser um obstáculo para melhorar a força isométrica.

O presente estudo piloto não está isento de limitações. Primeiro, o pequeno tamanho da amostra, devido à dificuldade em recrutar participantes dispostos a

realizar 24 sessões de treinamento de força na presença de dor. Segundo, a ausência de um grupo controle submetido a injeções de solução salina isotônica para comparação com os resultados obtidos neste estudo. Terceiro, a pesquisa foi realizada em homens saudáveis, não treinados e livres de qualquer dor. Assim, nossos resultados não podem ser generalizados para outras populações, incluindo mulheres, idosos e/ou indivíduos treinados. Finalmente, um treinamento de força isométrico angular específico não foi fornecido aos participantes, limitando nossa consideração sobre as pequenas alterações observadas nos testes de CIVM. Portanto, pesquisas futuras são necessárias para confirmar nossos resultados e compreender melhor as adaptações geradas pelo treinamento de força na presença de dor muscular experimentalmente induzida.

5. Conclusões

O presente estudo piloto mostrou que a dor muscular aguda induzida em cada uma das 24 sessões de treinamento de força não inibiu o desenvolvimento da força dinâmica máxima. Por outro lado, a dor causou pequenas alterações negativas no desempenho da força isométrica máxima.

Agradecimentos

O presente estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código financeiro: 001.

Contribuição dos autores

Silva V trabalhou na busca e análise estatística dos dados da pesquisa. Todos os autores participaram da concepção, desenho metodológico, interpretação dos resultados e redação do artigo científico. Todos os autores revisaram e aprovaram a versão final e estão de acordo com sua publicação.

Conflitos de interesse

Nenhum conflito financeiro, legal ou político envolvendo terceiros (governo, empresas privadas e fundações, etc.) foi declarado para qualquer aspecto do trabalho submetido (incluindo, mas não limitado a subsídios e financiamento, participação no conselho consultivo, desenho do estudo, preparação do manuscrito, análise estatística, etc.).

Indexadores

A Revista Pesquisa em Fisioterapia é indexada no [DOAJ](#), [EBSCO](#), [LILACS](#) e [Scopus](#).



Referências

1. Kristensen J, Franklyn-Miller A. Resistance training in musculoskeletal rehabilitation: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2012;46(10):719-26. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.079376>
2. Turner MN, Hernandez DO, Cade W, Emerson CP, Reynolds JM, Best TM. The role of resistance training dosing on pain and physical function in individuals with knee osteoarthritis: A Systematic Review. *Sports Health.* 2019;18;12(2):200-6. <https://doi.org/10.1177/1941738119887183>
3. Pareja-Blanco F, Asián-Clemente JA, Villarreal ES. Combined squat and light-load resisted sprint training for improving athletic performance. *J Strength Cond Res.* 2021;35(9):2457-63. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003171>
4. Graven-Nielsen T, Svensson P, Arendt-Nielsen L. Effects of experimental muscle pain on muscle activity and co-ordination during static and dynamic motor function. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1997;105(2):156-64. [https://doi.org/10.1016/S0924-980X\(96\)96554-6](https://doi.org/10.1016/S0924-980X(96)96554-6)
5. Salomoni S, Tucker K, Hug F, McPhee M, Hodges P. Reduced maximal force during acute anterior knee pain is associated with deficits in voluntary muscle activation. *PLoS One.* 2016;11(8):0161487. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161487>
6. Henriksen M, Rosager S, Aaboe J, Graven-Nielsen T, Bliddal H. Experimental knee pain reduces muscle strength. *J Pain.* 2011;12(4):460-7. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2010.10.004>
7. Rice DA, Mannion J, Lewis GN, McNair PJ, Fort L. Experimental knee pain impairs joint torque and rate of force development in isometric and isokinetic muscle activation. *Eur J Appl Physiol.* 2019;119(9):2065-73. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04195-6>
8. Farina D, Arendt-Nielsen L, Merletti R, Graven-Nielsen T. Effect of experimental muscle pain on motor unit firing rate and conduction velocity. *J Neurophysiol.* 2004;91(3):1250-9. <https://doi.org/10.1152/jn.00620.2003>

9. Hodges PW, Tucker K. Moving differently in pain: A new theory to explain the adaptation to pain. *Pain*. 2011;152(3):S90-S98. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.10.020>
10. Ervilha UF, Farina D, Arendt-Nielsen L, Graven-Nielsen T. Experimental muscle pain changes motor control strategies in dynamic contractions. *Exp Brain Res*. 2005;164(2):215-24. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-2244-7>
11. Flaxman T, Shourijeh MS, Alkjaer T, Krosgaard MR, Simonsen EB, Bigham H et al. Experimental muscle pain of the vastus medialis reduces knee joint extensor torque and alters quadriceps muscle contributions as revealed through musculoskeletal modeling. *Clin Biomech*. 2019;67:27-33. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.04.005>
12. Stackhouse SK, Sweitzer BA, McClure PW. The effect of experimental shoulder pain on contralateral muscle force and activation. *Physiother Theory Pract*. 2019;37(11):1227-34. <https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1686670>
13. Khan SI, McNeil CJ, Gandevia SC, Taylor JL. Effect of experimental muscle pain on maximal voluntary activation of human biceps brachii muscle. *J Appl Physiol*. 2011;111(3):743-50. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00603.2011>
14. Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L. Impact of clinical and experimental pain on muscle strength and activity. *Curr Rheumatol Rep*. 2008;10(6):475-81. <https://doi.org/10.1007/s11926-008-0078-6>
15. Schomburg ED. Spinal sensorimotor systems and their supraspinal control. *Neurosci Res*. 1990;7(4):265-340. [https://doi.org/10.1016/0168-0102\(90\)90008-3](https://doi.org/10.1016/0168-0102(90)90008-3)
16. Brown L, Weir J. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *J Exerc Physiol* [Internet]. 2001;4(3). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235782389_ASEP_Procedures_recommendation_I_Accurate_assessment_of_muscular_strength_and_power
17. Koltyn KF. Exercise-Induced hypoalgesia and intensity of exercise. *Sports Med*. 2002;32(8):477-87. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232080-00001>
18. Newcomb LW, Morgan KF, Morgan WP, Cook DB. Influence of preferred versus prescribed exercise on pain in fibromyalgia. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(6):1106-13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182061b49>
19. Sørensen TJ, Langberg H, Hodges PW, Bliddal H, Henriksen M. Experimental knee joint pain during strength training and muscle strength gain in healthy subjects: A randomized controlled trial. *Arthritis Care Res*. 2012;64(1):108-16. <https://doi.org/10.1002/acr.20618>
20. Hodges PW, Ervilha UF, Graven-Nielsen T. Changes in motor unit firing rate in synergist muscles cannot explain the maintenance of force during constant force painful contractions. *J Pain*. 2008;9(12):1169-74. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2008.06.012>
21. Nilwik R, Snijders T, Leenders M, Groen BBL, van Kranenburg J, Verdijk LB, et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Exper Gerontol*. 2013;48(5):492-8. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.02.012>
22. Sampson JA, McAndrew D, Donohoe A, Jenkins A, Groeller H. The effect of a familiarization period on subsequent strength gain. *J Sports Sci*. 2013;31(2):204-11. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.725134>
23. Morrissey MC, Harman EA, Johnson MJ. Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(5):648-60. <https://doi.org/10.1249/00005768-199505000-00006>
24. Ebersole KT, Housh TJ, Johnson GO, Evetovich TK, Smith DB, Perry SR. The effects of leg flexion angle on the mechanomyographic responses to isometric muscle actions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998;78(3):264-9. <https://doi.org/10.1007/s004210050418>
25. Hortobágyi T, Lambert NJ, Hill JP. Great cross education following training with muscle lengthening than shorting. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(1):107-12. <https://doi.org/10.1097/00005768-199701000-00015>