

CORRELAÇÃO ENTRE FORÇA MUSCULAR DINÂMICA E ISOMÉTRICA DE ISQUIOTIBIAIS**Anna Raquel Silveira Gomes¹****Paulo Henrique Foppa de Almeida²****1º Ten OTT Raphael Fabrício de Souza³**

RESUMO: É comum a realização de testes isométricos para avaliação da força muscular, mesmo que esteja sendo desenvolvida por ações dinâmicas. No entanto, os ganhos de força parecem ser específicos ao tipo de treinamento adotado. Objetivo: Mensurar as variáveis de força dinâmica e isométrica, de forma a avaliar se estas estão correlacionadas a sujeitos destreinados e verificar a confiança do teste-reteste destas medidas de força. Métodos: Foram selecionados 35 recrutas militares ($18,5 \pm 0,41$ anos) destreinados em força. Foi utilizado o teste de 1RM para aferir a força muscular dinâmica e a célula de carga para medir a força isométrica, nos músculos isquiotibiais do membro inferior dominante. A análise estatística foi realizada pelo coeficiente de correlação intraclasse entre a força dinâmica e isométrica dos sujeitos. O teste t de Student não pareado foi então aplicado para verificar diferenças entre os tipos de força, com significância $p \leq 0,05$. Resultados: Ocorreu baixo coeficiente de correlação intraclasse ($r=0,25$) entre a Força Máxima Concêntrica (1RM) e a Força de Contração Isométrica Voluntária Máxima (célula de carga). Contudo, não houve diferenças significativas entre os dois tipos de força apresentados ($p=0,14$), com valores médios \pm desvios-padrão de $50,3 \pm 8,9$ kg para a força dinâmica e $47,4 \pm 12,9$ kg para a força isométrica. Conclusões: Os resultados indicam baixa correlação entre a força dinâmica e isométrica, apesar de estatisticamente semelhantes. Pode-se sugerir o teste de 1RM para avaliação da força em estudos que utilizem a força dinâmica dos sujeitos, tanto pela especificidade do teste, quanto pela fidedignidade do mesmo.

Palavras-chave: força muscular, contração isotônica, contração isométrica.

1 - Fisioterapeuta Doutora em Ciências Fisiológicas pela Universidade Federal de São Carlos Professora da Universidade Federal do Paraná. e-mail: annaraquelsg@gmail.com

2 - Educador Físico Mestre em Educação Física – Fisiologia da Performance (UFPR) Professor do SESC e-mail: paulofoppa@hotmail.com

3 - Educador Físico Mestrando em Educação Física – Fisiologia da Performance (UFPR), Professor do Colégio Militar de Curitiba e-mail: raphaelctba20@hotmail.com

ABSTRACT: It is common to use isometric tests for evaluation of the muscular force, even if it has being developed for dynamic actions. However, the force gains seem to be specific to the type of training developed. Objective: Evaluate dynamic and isometric force in order to assess their correlation in untrained people and to verify the test-retest reliability of these measures of force. Methods: It was selected 35 military recruits ($18,5 \pm 0,41$ years) whose were untrained. The 1RM test was used to examine the dynamic muscular force and the load cell to measure the isometric force of hamstring muscles. Statistical analysis was performed by the intraclass correlation coefficient between dynamic and isometric force. The Students' t Test unpaired was applied to verify differences between the types of force, significance set at $p \leq 0,05$. Results: It was found low correlation ($r=0,25$) between the Concentric Maximum Force (1RM) and the Maximum Voluntary Isometric Contraction Force (load cell). However, it did not have significant differences between the two types of force presented ($p=0,14$), with average values \pm standard deviations of $50,3 \pm 8,9\text{kg}$ for dynamic force and $47,4 \pm 12,9\text{kg}$ for the isometric force. Conclusions: The results indicated that dynamic and isometric force are not correlated instead they are similar. It could be suggested dynamic force evaluation of the citizens, because the specificity and reliability of the test.

Keywords: muscular force, isotonic contraction, isometric contraction.

INTRODUÇÃO

O treinamento de força muscular é largamente utilizado em academias, clubes, clínicas de fisioterapia e seus efeitos estão amplamente descritos na literatura (ACSM, 2002; DIAS *et al*, 2005; KRAEMER e RATAMESS, 2004; LEE *et al*, 2007; LIMA *et al*, 2006). Os ganhos de força obtidos com tal treinamento têm sido atribuídos, nas primeiras quatro a oito semanas de treinamento, como decorrentes de adaptações neurais, que são fundamentais para o desenvolvimento da coordenação intra e intermusculares (BARROSO *et al*, 2005; CAROLAN e CAFARELLI, 1992; ENOKA, 1997). Ainda, o treinamento de força pode causar aumento imediato (algumas horas após) na expressão gênica e na síntese protéica (ACSM, 2002; KOSTEK *et al*, 2007). Além disso, recentemente, foi observada hipertrofia muscular com apenas três semanas, caracterizada pelo aumento da área de secção transversa das fibras musculares (SEYNNES *et al*, 2007).

Quando a força produzida pelo músculo vence a resistência imposta externamente, gerando movimento articular, é denominada Força Muscular Dinâmica. Neste caso, os músculos não se contraem com tensão constante ao longo do curso do movimento da articulação em virtude das modificações na mecânica articular em cada ângulo do movimento (GUEDES, 2006). Ocorrem também alterações fisiológicas com a mudança do ângulo, pois o músculo desenvolve tensão máxima quando os sarcômeros de suas fibras musculares encontram-se em comprimento próximo àquele em situação de repouso (2.0 – 2.25 μm) (KOSTEK *et al*, 2007). Nessa posição, há sobreposição ótima entre os filamentos de actina e miosina (GORDON *et al*, 1966). A Força Muscular Isométrica ocorre quando a força produzida pelo músculo é menor do que a resistência imposta externamente, não gerando movimento articular (GUEDES, 2006). Nessa situação, há tensão muscular num determinado ângulo articular.

Com o treinamento de força, o aumento desta em um músculo pode ser evidente em uma tarefa (contração dinâmica), mas não em outra (contração isométrica) (ENOKA, 1997). Os ganhos de força em treinamento isométrico

são específicos aos ângulos treinados (MOURA *et al*, 2004), sendo que estes podem ser até 50% superiores aos ganhos obtidos nos demais ângulos articulares não treinados (SIMÃO, 2004). É possível que fatores neurais como a aprendizagem do movimento específico que ocorre com o treinamento dinâmico (concêntrico e excêntrico), contribuam para um maior aumento na força de 1RM em comparação aos ganhos na força isométrica (FOLLAND e WILLIAMS, 2007; GUILHEM *et al*, 2010). Tais fatos sugerem que o ganho de força bem como as adaptações fisiológicas, moleculares, do sistema nervoso central e periférico, são específicas ao tipo de treinamento realizado (KOSTEK *et al*, 2007; GUILHEM *et al*, 2010).

No entanto é comum a realização de testes isométricos para avaliação da força muscular, mesmo em sujeitos que estejam desenvolvendo treinamentos dinâmicos. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a correlação entre força dinâmica e isométrica em sujeitos destreinados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram recrutados 35 voluntários ($18,5 \pm 0,41$ anos) recém incorporados para cumprir o serviço militar obrigatório. Como critério de inclusão, os sujeitos não poderiam estar envolvidos em atividades que envolvessem sobrecargas ou exercícios de alongamento. Logo, a amostra pode ser considerada como “destreinada”. Não foram encontradas diferenças na idade ($p=0.998$), estatura ($p=0.754$) e massa corporal ($p=0.355$) dos participantes. Antes do início do estudo, os sujeitos receberam informações sobre os requerimentos para participar da pesquisa e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido de participação. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná nº 2119.0.000.091-09.

Os sujeitos foram então submetidos a testes de força dinâmica e isométrica, para viabilizar a correlação entre os tipos de força.

MENSURAÇÃO DA FORÇA DINÂMICA

A Força Máxima Concêntrica foi aferida por meio do teste de 1RM, seguindo o protocolo utilizado por FATOUROS et al (2006), em que foi realizado um aquecimento de 10 repetições com carga moderada, antes de iniciar as tentativas de alcançar a maior carga possível em uma única repetição máxima (1RM). O intervalo de recuperação entre cada tentativa foi de três minutos. Foram avaliados os músculos flexores do joelho (isquiotibiais: bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso), que são biarticulares e estão localizados posteriormente na coxa. O teste foi realizado unilateralmente no membro dominante em decúbito ventral (figura 1) em um equipamento específico (Fisiomaq, modelo Nexus Leg Cur



FIGURA 1 – Teste de força dinâmica – a força máxima concêntrica foi aferida por meio do teste de 1RM, seguindo o protocolo utilizado por FATOUROS *et al* (2006), em que foi realizado um aquecimento de 10 repetições com carga moderada, antes de iniciar as tentativas de alcançar a maior carga possível em uma única repetição máxima (1RM). O intervalo de recuperação entre cada tentativa foi de três minutos. Foram avaliados os músculos flexores do joelho dominante em decúbito ventral.

MENSURAÇÃO DA FORÇA ISOMÉTRICA

A Força de Contração Isométrica Voluntária Máxima (FCIVM) dos indivíduos foi medida por meio de uma célula de carga (Kratos, modelo CZC500) que se constitui de componentes sensíveis aos esforços de tração, um conjunto de correias de fixação, uma placa conversora A/D (National Instruments, modelo NI USB 6218) e um amplificador (Kratos, modelo IK-

1C), conectados a um computador. O valor da FCIVM foi definido como sendo o pico máximo de força, que foi determinado visualmente no visor do amplificador em kilogramas (Kg).

Foi medida a FCIVM dos flexores do joelho do membro dominante. Para valores fidedignos, a célula de carga foi disposta perpendicularmente (ângulo reto), tanto entre a barra de ferro como ao eixo longitudinal da tíbia dos sujeitos de modo a resistir à flexão da articulação do joelho fixada em 90 graus (figura 2). O teste foi realizado com os sujeitos deitados em decúbito ventral. A célula de carga foi fixada na articulação do tornozelo no sentido contrário ao movimento. Em virtude da homogeneidade da estatura dos sujeitos, o comprimento da perna dos mesmos para o cálculo do torque foi desprezado. Foram realizadas 3 contrações isométricas voluntárias máximas com intervalos de recuperação de 3 minutos entre as mesmas (SILVA e GONÇALVES, 2003). Foi dada a instrução aos participantes de que eles deveriam realizar um “movimento” o mais rápido e forte possível. Para o estudo, foi considerada a contração de melhor performance na FCIVM.

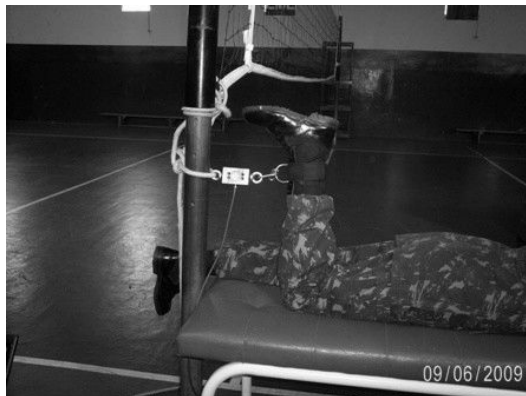


FIGURA 2 – Teste de força isométrica - a célula de carga (#) foi disposta perpendicularmente (ângulo reto) tanto entre a barra de ferro como ao eixo longitudinal da tíbia dos sujeitos de modo a resistir à flexão da articulação do joelho fixada em 90 graus. A célula de carga foi fixada na articulação do tornozelo no sentido contrário ao movimento. Foram realizadas 3 contrações isométricas voluntárias máximas com intervalos de recuperação de 3 minutos entre as mesmas (SILVA e GONÇALVES, 2003). Para o estudo foi considerada a contração de melhor performance.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram analisados por meio do programa estatístico

STATISTICA (versão 7). O coeficiente de correlação intraclasse entre a força dinâmica e isométrica dos sujeitos foi realizada por meio do teste de correlação de Pearson, que expressa o grau em que os sujeitos mantêm suas posições na distribuição da amostra após medidas repetidas. O teste t de Student não pareado foi então aplicado para verificar diferenças entre os tipos de força, com significância $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

CORELAÇÃO ENTRE FORÇA DINÂMICA E FORÇA ISOMÉTRICA

Ocorreu um baixo coeficiente de correlação intraclasse ($r=0,25$) entre a Força Máxima Concêntrica (1RM) e a Força de Contração Isométrica Voluntária Máxima (célula de carga) dos 37 sujeitos do estudo. Contudo não houve diferenças significativas entre os dois tipos de força apresentados ($p=0,14$), com valores médios \pm desvios-padrões de $50,3 \pm 8,9$ kg para a força dinâmica e $47,4 \pm 12,9$ kg para a força isométrica.

CONFIANÇA DO TESTE-RETESTE DAS MEDIDAS DE FORÇA

A correlação encontrada em dois testes iguais subsequentes foi de $r=0,61$ para o teste de força isométrica na célula de carga ($47,4 \pm 12,9$ kg vs $48,5 \pm 12,2$ kg) e de $r=0,92$ para o teste de força dinâmica de 1RM ($50,3 \pm 8,9$ kg vs $50,6 \pm 9,2$ kg) com valores médios \pm desvios-padrões respectivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas entre a força dinâmica (1RM) e a força isométrica (célula de carga), ocorreu baixa correlação ($r=0,25$) entre estas duas variáveis da força, indicando desproporcionalidade entre os tipos de força. Este resultado demonstra que a capacidade de gerar força de um músculo pode ser diferente em tipos

específicos de contrações musculares (ENOKA, 1997) e esta diferença é individual. Enquanto a força isométrica foi medida a específicos 90° de flexão do joelho, a força dinâmica foi considerada quando realizado o movimento completo de 0° a 90° de flexão do joelho.

Está bem estabelecido na literatura que o desenvolvimento da força em treinamento isométrico é específica aos ângulos treinados (MOURA *et al*, 2004), sendo que estes podem ser até 50% superiores aos ganhos obtidos nos demais ângulos articulares não treinados (SIMÃO, 2004). Verifica-se ainda, em estudo com isocinético, que o torque produzido varia tanto pelos ângulos articulares como pela velocidade em que o movimento é realizado (MATHUR *et al*, 2004). É possível que fatores neurais como a aprendizagem do movimento específico, que ocorreria em treinamento dinâmico, contribuam para um maior aumento na força de 1RM em comparação aos ganhos de força isométrica (FOLLAND e WILLIAMS, 2007). Assim, os mecanismos que contribuem para o ganho de força dinâmica são diferentes daqueles da força isométrica. Em estudo de BAKER (*et al*, 1994), após os sujeitos serem submetidos a treinamento de força dinâmico, foram encontrados ganhos de força dinâmica maior que de força isométrica, não correlacionados ($r=0,15$). Este estudo levanta a questão da validade da utilização de teste isométrico para aferir ganhos de força obtidos com o treinamento dinâmico.

Outro dado interessante da presente pesquisa, verificado na bateria de testes de 1RM e célula de carga, foi a correlação entre dois testes iguais subsequentes (confiança teste-reteste), tanto de 1RM quanto na célula de carga. Quando considerados os 37 sujeitos da amostra, a correlação encontrada foi de $r=0,61$ para o teste de força isométrica na célula de carga e de $r=0,92$ para o teste de força dinâmica de 1RM. Este resultado apresenta o teste de 1RM como mais fidedigno em comparação ao teste de força na célula de carga, visto que não houve familiarização prévia com nenhum dos testes. Em outro estudo, onde foi verificada a confiança teste-reteste do torque isométrico e isocinético em equipamento isocinético, foi verificado coeficiente de correlação intraclasse de 0,82 para o torque isométrico e 0,96 para o isocinético (MATHUR *et al*, 2004).

Pode-se sugerir o teste de 1RM para avaliação da força em estudos que avaliam os efeitos do treinamento dinâmico dos sujeitos, tanto pela especificidade do teste, quanto pela fidedignidade do mesmo

Os resultados do presente estudo permitem concluir que o teste de 1RM é mais indicado para estudos que manipulem a força dinâmica dos sujeitos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Position stand:** Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34:364-80.

BAKER D, WILSON G, CARLYON B. **Generality versus specificity:** a comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed-strength. *Eur J Appl Physiol* 1994; 68:350-55.

BARROSO R, TRICOLI V, UGRINOWITSCH C. **Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas.** *Rev Bras Ciênc Mov* 2005; 13:111-22.

CAROLANB, CAFARELLIE. **Adaptations in co-activation after isometric resistance training.** *J Appl Physiol* 1992; 73:911-7.

COUTINHO EL, GOMES ARS, FRANÇA CN, OISHI J, SALVINI TF. **Effect of a passive stretching on the immobilized soleus muscle fiber morphology.** *Braz J Med Biol Res* 2004; 37: 1853-61.

DIAS RMR, CYRINO ES, SALVADOR EP, NAKAMURA FY, PINA FLC, OLIVEIRA AR. **Impacto de oito semanas de treinamento com pesos sobre a força muscular de homens e mulheres.** *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11:224-8.

ENOKA RM. **Neural adaptations with chronic physical activity.** *Journal of Biomechanics* 1997; 30:447-55.

FATOUROSS IG, KAMBAS A, KATRABASAS I, LEONTSINI D, CHATZINIKOLAOU A, JAMURTAS AZ, DOUROUDOS I, AGGELOUSIS N, TAXILDARIS K. **Resistance training and detraining effects on flexibility performance in the elderly are intensity-dependent.** J Strength Cond Res 2006; 20: 634-42.

FOLLAND JP, WILLIAMS AG. **The adaptations to strength training:** morphological and neurological contributions to increased strength. Sports Med 2007; 37(2):145-68.

GORDON AM, HUXLEY AF, JULIAN FJ. **The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibers.** J. Physiol. (Lond), 1966; 184: 170-192.

GUEDES DP. **Manual prático para avaliação em educação física.** São Paulo: Manole, 2006.

GUIHEM G, CORNU C, GUEVEL A. **Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isometric and isokinetic eccentric exercise.** Rehab 2010; article in press.

KOSTEK MC, CHEN YW, CUTHBERTSON DJ, SHI R, FEDELE MJ, ESSER KA, RENNIE MJ. **Gene expression responses over 24 h to lengthening and shortening contractions in human muscle:** major changes in CSRP3, MUSTN1, SIX1, and FBXO32. Physiol Genomics 31: 42–52, 2007.

KRAEMER WJ, RATAMESS NA. **Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription.** Med Sci Sports Exerc 2004; 36: 674-88.

LEE M, CARROLL TJ. **Cross Education:** Possible Mechanisms for the Contralateral Effects of Unilateral Resistance Training. Sports Medicine 2007; 37:1-14.

LIMA FV, CHAGAS MH, CORRADI EFF, SILVA GF, SOUZA BB, MOREIRA JUNIOR LA. **Análise de dois treinamentos com diferentes durações de pausas entre séries baseadas em normativas previstas para a hipertrofia muscular em indivíduos treinados.** Rev Bras Med Esporte 2006; 12: 175-8.

MATHUR S, MAKRIDES L, HERNANDEZ P. **Test-retest reliability of isometric and isokinetic torque in patients with chronic obstructive pulmonary disease.** Physiother Can 2004; 56: 94-101.

MELONI VHM. **O papel da hiperplasia na hipertrofia do músculo esquelético.** Rev Bras Cine Des Hum 2005; 07(01): 59-63.

MOURA JAR, BORHER T, PRESTES MT, ZINN JL. **Influência de diferentes ângulos articulares obtidos na posição inicial do exercício pressão de pernas e final do exercício puxada frontal sobre os valores de 1RM.** Rev Bras Med Esporte 2004; 10(4):269-74.

SECCHI KV, MORAIS CP, CIMATTI PF, TOKARS E, GOMES ARS. **Efeito de alongamento e do exercício contra-resistido no músculo esquelético de rato.** Rev Bras Fisioter 2008; 12: 228-4.

SEYNNES OR, DE BOER M, NARICI MV. **Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training.** J Appl Physiol 2007; 102:368-73.

SIMÃO R. **Fisiologia e prescrição de exercícios para grupos especiais.** São Paulo: Phorte, 2004.

