

---

## Artigo original

---

# Comparação de valores de testes de força externa máxima do quadríceps femoral

## *Correlation of values from tests of maximal external forces of quadriceps femoral*

Ricardo Barreto Teixeira\*, Révisson Esteves da Silva\*\*, Mônica de Oliveira Melo\*\*\*, Marcelo La Torre\*\*\*, Éverton Vogt\*\*\*\*, Cláudia Tarragô Candotti\*\*\*\*\*

---

\**Graduado Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS*, \*\**Graduado pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS*, \*\*\**Mestrando na Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS*, \*\*\*\**Graduando na Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS*, \*\*\*\*\**Professora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS*

### Resumo

O objetivo deste estudo foi comparar os valores de força máxima obtidos com os testes de Contração Voluntária Máxima Isométrica (CVMI) e de Uma Repetição Máxima (1RM) com os valores de força máxima preditos pelo teste de Carga por Repetições Máximas (CRM) durante o movimento de extensão de joelho. Dez indivíduos do sexo masculino realizaram os testes CVMI, 1RM e CRM uma única vez. Os valores de força foram submetidos a uma análise de variância *Oneway* para verificar as diferenças entre os testes. Os resultados demonstraram que não existe diferença significativa ( $p = 0,273$ ) entre os valores de força, sugerindo que o teste de CRM é adequado para estimar a força máxima externa do quadríceps femoral, podendo substituir os testes de 1RM e de CVMI, em situações em que estes não são apropriados, como por exemplo, nos protocolos de fadiga muscular localizada em indivíduos com dor muscular.

**Palavras-chave:** força, predição, quadríceps femoral, testes máximos.

### Abstract

The purpose of this study was to compare the maximal force values obtained during the Maximal Voluntary Isometric Contraction (MVIC) and single Maximal Repetition (1MR) tests and the maximal forces predicted by the Maximal Repetition Loads (MRL) test for the knee extension movement. Ten males performed the aforementioned tests. One-way ANOVA was used to compare the maximal force values obtained with the three tests. The findings show that there was no significant difference ( $p = 0.273$ ) between the force values, suggesting that the MRL test is suitable for estimating the maximal external force obtained during the contraction of the femoris quadriceps, and, as such it can be used in situations where the 1MR and MVIC tests are inappropriate.

**Key-words:** force, prediction, femoris quadriceps, maximal tests.

Recebido em 31 de agosto de 2007; aceito em 18 de dezembro de 2007.

**Endereço para correspondência:** Cláudia Tarragô Candotti, Rua Fernando Osório, 1887, 91720-330 Porto Alegre RS, Tel: (51) 3019-3493, E-mail: candotti@unisinors.br

---

## Introdução

Diagnósticos de dor lombar estão sendo realizados a partir de protocolos de fadiga muscular localizada, monitorando o comportamento neuromuscular dos músculos extensores lombares [1]. Nestes protocolos de fadiga, os indivíduos são submetidos a contrações isométricas sustentadas em diferentes níveis de intensidades, determinados a partir dos valores obtidos durante uma contração voluntária máxima isométrica (CVMI). Entretanto, alguns estudos já têm referenciado que utilizar a CVMI como ponto de referência na execução destes protocolos de fadiga pode não ser uma boa opção, uma vez que a performance neste tipo de teste está relacionada à prática anterior do mesmo, bem como com a motivação para alcançar seu esforço máximo [2]. Outro obstáculo ao se utilizar a CVM como ponto de referência para execução de protocolo de fadiga está na questão da avaliação de indivíduos com dor muscular. Nestes casos, mais raramente do que em pessoas sem dor, a CVM real é alcançada. A possível explicação para isto reside no fato de que indivíduos com dor tendem a não realizar o seu máximo de esforço como uma maneira de proteção da dor [3,4]. Estudos têm mostrado que indivíduos sem dor chegam a realizar em média 30% mais força do que indivíduos com dor lombar [3].

Nesse sentido, pensa-se que se ao invés de submeter os indivíduos com dor a um teste máximo, (CVMI) para obter o percentual de força para a contração isométrica no protocolo de fadiga, um teste com carga submáxima fosse utilizado, os valores de força obtidos de sua predição ficariam mais próximos da real capacidade destes indivíduos. No âmbito do treinamento físico, mais especificamente na musculação, o teste de repetição máxima (1RM) corresponde à carga máxima mobilizada pelo indivíduo. Em situações em que os indivíduos não devem ser submetidos a este teste máximo, por exemplo, indivíduos idosos ou iniciantes no treinamento, um teste de carga por repetição máxima (CRM) tem sido proposto [5,6]. Desse modo, a carga máxima que um indivíduo poderia executar, durante o teste de 1RM, passa a ser obtida utilizando tabelas de predição que demonstram a evolução da relação entre volume (repetição) e intensidade (carga). O resultado desta predição levará a intensidade referente a 1RM.

Considerando que se o resultado de força máxima, predito por este teste CRM, não seja diferente significativamente do valor de força obtido em uma CVMI, especula-se que os testes CRM poderiam ser utilizados para mensurar os valores de força que serviriam de referência nos protocolos de fadiga muscular localizada. Se esta especulação for verdadeira, a avaliação neuromuscular de indivíduos, principalmente aqueles que apresentam dores no segmento mobilizado, poderá ser beneficiada e seu diagnóstico apresentará maior precisão. Com a intenção de subsidiar conhecimentos básicos sobre a utilização do teste de carga por repetição máxima para

predizer valores máximos de força, este estudo foi conduzido com o objetivo de comparar os valores de força máxima obtidos durante os testes de Contração Voluntária Máxima Isométrica (CVMI) e de Uma Repetição Máxima (1RM) com os valores de força máxima preditos pelo teste de Carga por Repetições Máximas (CRM) durante o movimento de extensão de joelho.

## Material e métodos

### Amostra

A amostra foi intencional, composta por 10 indivíduos, do sexo masculino, ativos fisicamente. As médias e desvios padrão da idade, massa corporal e estatura foram  $23,6 \pm 2,3$  anos;  $76,3 \pm 10,5$  kg;  $177,8 \pm 6,9$  cm, respectivamente. Todos os indivíduos assinaram um termo de consentimento para a participação no estudo e receberam informações dos procedimentos de avaliação, bem como de que poderiam deixar de participar da pesquisa em qualquer momento, se assim desejassem.

### Procedimentos de aquisição dos dados

Todos os indivíduos foram submetidos a três protocolos de avaliação: 1) CRM; 2) 1RM e 3) CVMI. Todos os testes foram conduzidos por um único avaliador, em um único dia.

*Teste CRM:* Consistiu na realização de um número máximo de repetições com uma carga submáxima, determinada subjetivamente, a partir da experiência do avaliador, para musculatura do quadríceps femoral direito. O indivíduo não poderia ultrapassar quinze repetições. Caso isto ocorresse, após um intervalo de cinco minutos, outra carga submáxima era determinada e o teste repetido. Para a realização deste teste, o indivíduo foi posicionado sentado na cadeira extensora (Sculptor), tendo suas coxas, quadril e tronco (abaixo da região axilar) presos à cadeira com faixas de velcro, visando estabilizar sua postura, mantendo  $110^\circ$  de flexão do tronco com a articulação coxo-femoral. O indivíduo permanecia com os braços cruzados à frente do peito (Figura 1).

Para controlar a velocidade de execução do movimento, um ritmo sonoro foi fornecido ao indivíduo, mediante fone de ouvido, sendo a velocidade correspondente a  $72^\circ/s$ , ou seja, o tempo total de uma repetição era de aproximadamente 2,5 segundos.

*Teste de 1RM:* Consistiu na realização de uma única repetição com uma carga máxima determinada subjetivamente, também pela experiência do avaliador, para a musculatura do quadríceps femoral direito. Caso o indivíduo conseguisse realizar mais que uma repetição, o teste era suspenso e após um intervalo de cinco minutos, outra carga máxima era determinada e o teste repetido. Para a realização deste teste, a fixação do indivíduo foi a mesma do teste CRM (Figura 1).

**Figura 1** - Posicionamento do indivíduo durante a realização dos testes de CRM e 1 RM na cadeira extensora.



*Teste de CVMI:* Consistiu na realização de apenas uma contração voluntária isométrica máxima do quadríceps femoral direito, com duração de sete segundos. Para a realização deste teste o indivíduo foi posicionado sentado em um banco com as costas apoiadas, joelhos fletidos a 90°, tendo suas coxas presas ao banco com faixas de velcro, visando estabilizar sua postura (Figura 2). Seu tornozelo direito foi preso a uma cinta de couro, na qual estava acoplada uma célula de carga, que por sua vez, estava presa a um suporte fixo, limitando o movimento de extensão do joelho. Era então solicitado que os indivíduos realizassem a tentativa de extensão do joelho, realizando a maior força isométrica possível.

**Figura 2** - a) Posicionamento do indivíduo durante a realização do teste de CVMI e b) posicionamento da célula de carga.

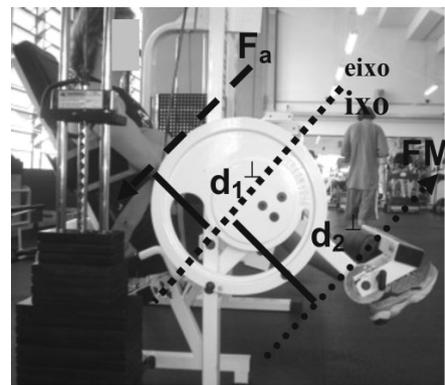


Para a aquisição dos sinais de força durante a CVMI, foi utilizada uma célula de carga de 1000N (EMG System do Brasil Ltda, São José dos Campos), conectada a um computador Pentium 200 MHz com 64 Mb RAM, dotado de um conversor A/D (EMG System do Brasil Ltda, São José dos Campos). A aquisição dos sinais de força foi realizada com o software AqDados (Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda, São Paulo). A taxa de amostragem foi de 500 Hz. Foi registrado o maior valor de força obtido na CVMI de cada indivíduo.

**Procedimentos de análise**

Considerando que a coluna de pesos da cadeira extensora fornece a carga externa de trabalho e que o objetivo deste estudo era comparar valores de força externa realizada pelos extensores do joelho, utilizou-se a técnica do modelo de segmentos articulados para a obtenção dos valores de força máxima obtida durante o teste de 1RM. A Figura 3 apresenta um diagrama de corpo livre da cadeira extensora, a partir do qual, utilizando o modelo de segmento articulado, calculou-se a força externa máxima durante a extensão do joelho no teste de 1RM.

**Figura 3** - Diagrama de corpo livre da cadeira extensora



A  $d_1^\perp$  corresponde à distância entre o eixo da roldana assimétrica até a linha de ação da força de resistência oferecida pelo aparelho ( $F_a$ ) que passa pela roldana simétrica. A  $d_2^\perp$  corresponde à distancia entre o eixo da roldana assimétrica até a linha de ação da força realizada pelo indivíduo (FM), localizada no ponto de contato do tornozelo com o aparelho. A  $d_1^\perp$  era fixa e corresponde a 26 cm e a  $d_2^\perp$  variava conforme o comprimento da perna do indivíduo, determinada pela regulagem do aparelho.

De posse da  $d_1^\perp$  e da carga fornecida pelo aparelho, calculou-se o torque do aparelho ( $T_a$ ). A partir da equação de equilíbrio dos torques, onde o somatório do torque do aparelho (da cadeira extensora) e do torque extensor (dos músculos extensores do joelho) é igual a zero (equação 1) e conhecendo-se a  $d_2^\perp$  calculou-se a força máxima (FM) exercida pelo indivíduo durante o teste de 1RM (equação 2).

$$T_a = T_e \quad \text{(equação 1)}$$

$$M = \frac{T_a}{d_2^\perp} \quad \text{(equação 2)}$$

onde:  $T_a$  = torque do aparelho (kgfcm)

$T_e$  = torque extensor (kgfcm)

$M$  = força realizada pelo indivíduo (kgf)

$d_2^\perp$  = distância perpendicular entre o eixo da roldana assimétrica até a linha de ação da FM (cm)

Os valores de força máxima externa predita, obtidos no teste de CRM, também corrigidos pelas equações 1 e 2, foram obtidos por uma equação de predição (equação 3), amplamente referenciada na literatura [7].

$$Fmp = \frac{100\% \cdot M}{I\%} \quad (\text{equação 3})$$

onde:

$Fmp$  = força máxima externa predita (kgf)

$M$  = força realizada pelo indivíduo (kgf)

$I\%$  = porcentagem de intensidade, classificada conforme o número de repetições executadas pelo indivíduo

O processamento dos sinais de força obtidos no teste de CVMI foi realizado utilizando-se o *software* AqAnalysis (Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda, São Paulo). Foram analisados os três segundos centrais dos sete segundos registrados no teste de CVMI, sendo realizada a média da força neste período de três segundos.

### Tratamento estatístico

Para a análise estatística foi utilizado o *software* SPSS 10.0. Inicialmente foi verificada e confirmada a equivalência das variâncias (teste de Levene) e normalidade dos dados (Shapiro-Wilk). Os valores de força externa máxima, obtidos nos testes de 1RM e CVMI e os valores de força externa máxima predita, obtida no teste de CRM, foram submetidos a uma análise de variância de um fator e ao teste post hoc de Bonferroni, que possibilitou identificar as diferenças entre eles. O nível de significância adotado foi 0,01.

### Resultados e discussão

A Tabela I apresenta os valores médios da força externa máxima mensurada, nos testes de 1RM e CVMI e predita no teste de CRM. Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa ( $p = 0,273$ ) entre os valores de força externa máxima obtidos nos três testes.

**Tabela I** - Valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão (dp) da força externa máxima (kgf) obtida nos testes 1RM, CVMI e CRM.

Testes	Média	dp	Máximos	Mínimos
1RM	51,1	4,9	60,4	43,9
CVMI	48,4	8,8	63,8	40,0
CRM	51,0	5,4	59,0	42,2

Os resultados demonstraram que qualquer um dos três testes pode ser utilizado para determinação da força máxima, mesmo que o teste de CVMI tenha apresentado valores de força 5,5% menores que os testes de 1RM e CRM. Inicialmente, esta diferença poderia indicar uma interferência negativa na performance em testes de fadiga, uma vez que o parâmetro mais comumente utilizado para estabelecer o percentual da contração durante o protocolo de fadiga muscular localizada é oriundo de testes de CVMI [7]. No entanto, como indivíduos com dor muscular tendem a fazer 30% menos força em testes de CVMI [3,4], entende-se que o teste de CRM, com uma diferença de 5,5%, ainda corresponda a uma alternativa viável para substituir o teste de CVMI.

Contudo, entende-se que a substituição do procedimento de CVMI pelo CRM em indivíduos com dor deve ser vista com cautela, uma vez que o presente estudo foi conduzido com indivíduos sem relato de dor muscular. Assim, alguma ressalva deve ser feita a proposta de que através do teste de CRM pode-se chegar a um valor de força máxima razoável, em se tratando de indivíduos com dor.

Os menores valores de força máxima externa, obtidos no teste de CVMI em relação aos testes de 1RM (diferença média de 2,7 kgf), são contraditórios à literatura, uma vez que contrações isométricas máximas tendem a gerar forças sempre maiores que as contrações dinâmicas máximas, pois uma força máxima somente pode ser desenvolvida se a carga e a capacidade de contração do músculo estiverem em equilíbrio [8]. Especula-se que estes resultados estejam relacionados com a variação do grau de inclinação do tronco nas posturas testadas. Nos testes dinâmicos os indivíduos mantinham 110° de flexão do tronco com a articulação coxo-femoral, enquanto que nos testes da CVMI, o tronco estava restrito a 90° de flexão. Esta diferença, nas posturas pode ter acarretado uma desvantagem fisiológica no momento da execução do teste da CVMI já que em 90° de flexão de tronco, o reto femoral se encontra menos estirado do que em 110°, com menor possibilidade de desenvolver sua máxima força, provavelmente devido a menor contribuição da energia armazenada nos componentes elásticos [9].

Outro fator bastante importante, que pode ter interferido na diferença entre CVMI e o teste de 1RM, é a familiarização com o próprio procedimento do teste, visto que os indivíduos que participaram do estudo já possuíam algum tipo de experiência com protocolos dinâmicos e praticamente nenhum contato com a realização da CVMI e seus aparatos. Um estudo com pré-púberes salienta a familiarização do teste de 1RM como fator que influenciaria diretamente no resultado do protocolo [10]. Assim, provavelmente o mesmo possa ser afirmado para protocolos isométricos.

Quanto ao teste de CRM, considera-se que a equação de predição utilizada no presente estudo mostrou-se adequada, pois os valores fornecidos por esta equação não diferiram significativamente dos valores da 1RM. Nesse sentido, sugere-se a utilização da predição para grupos de pessoas que

não apresentam as condições ideais para a realização de uma CVM, seja isométrica ou dinâmica, mesmo que a predição não apresente um resultado tão exato quanto a estimação de cargas menores pela 1RM [6].

Em suma, os resultados sugerem que indivíduos saudáveis, sem dor muscular no quadríceps femoral ou na articulação do joelho, independentemente do protocolo a que sejam submetidos (1RM, CVMI, CRM) tendem a apresentar resultados de força máxima externa semelhante. No entanto, conhecendo-se as diversas variáveis que influenciam nos testes dinâmicos como velocidade do movimento, ângulo articular e condições ambientais [10], entende-se que mais estudos devem ser realizados para possibilitar maior compreensão dos valores máximos de força em situações dinâmicas.

Não obstante, os presentes resultados estimulam o uso do teste CRM como referencial de força em protocolos de fadiga muscular localizada, substituindo os testes de CVMI, principalmente em condições não dolorosas.

### **Conclusão**

Os resultados deste estudo, nas condições experimentais utilizadas, demonstraram que não existe diferença significativa para os valores de força externa máxima, realizada pelo quadríceps femoral, entre os testes de CVMI, 1RM e CRM. Além disto, os resultados permitem inferir que seria possível utilizar o teste de CRM como um parâmetro de referência no lugar CVMI, em estudos de fadiga muscular localizada. No entanto, entende-se necessário a realização de novos estudos que, além de preocuparem-se com a questão da familiarização dos testes, envolvam uma maior quantidade de indivíduos e outros grupamentos musculares.

### **Referências**

1. De Luca CJ. Use of the surface EMG signal for performance evaluation of back muscles. *Muscle Nerve* 1993;16(2):210-6.
2. Baratta RV, Solomonow M, Zhou BH, Zhu M. Methods to reduce the variability of EMG power spectrum estimates. *J Electromyogr Kinesiol* 1998;8(5):279-85.
3. Marcks V, La Torre M, Aguiar T, Breyer M, Melo MO, Candotti CT. Analysis of fatigue in the upper trapezius muscle through the electromyographic in subjects with and without pain. *Bulletin Fiep* 2005;75(1):579-82.
4. Melo MO, La Torre M, Dutra LA, Pressi MAS, Castro FAZ, Loss JF et al. Avaliação da dor lombar através da eletromiografia [CD ROM]. XII Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2007.
5. Marcks V, Melo M, La Torre M, Breyer M, Aguiar T, Candotti C. Comportamento do sinal EMG no domínio do tempo em indivíduos com e sem dor no trapézio superior [CD ROM]. XI Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2005.
6. Baechle T, Earle R. *Essentials of strength training and conditioning*. Colorado Springs: National Strength and Conditioning Association; 1994.
7. Marras WS, Davis KG. A non-MVC EMG normalization technique for the trunk musculature: Part 1. Method development. *J Electromyogr Kinesiol* 2001;11(1):1-9.
8. Weineck J. *Biologia do esporte*. São Paulo: Manole; 2005.
9. Campos M. *Biomecânica da musculação*. Rio de Janeiro: Sprint; 2000.
10. Schneider P, Rodrigues L, Meyer F. Dinamometria computadorizada como metodologia de avaliação da força muscular de meninos e meninas em diferentes estágios de maturidade. *Rev Paul Educ Fís* 2002;16(1):35-42.