

DISCREPÂNCIAS NA GERAÇÃO DE FORÇA ENTRE AÇÕES MUSCULARES  
EXCÊNTRICAS E CONCÊNTRICASBernardo Neme Ide<sup>1</sup>; Charles Ricardo Lopes<sup>1</sup>; Clodoaldo José Dechechi<sup>1,3</sup>;  
René Brenzikofer<sup>2</sup>; Denise Vaz de Macedo<sup>1</sup>.

## RESUMO

Objetivamos com o presente estudo observar as discrepâncias em relação à produção de força muscular para as ações concêntricas e excêntricas nos testes de uma repetição máxima concêntrica (1RMcon) e uma repetição máxima excêntrica (1RMexc) para os exercícios de Supino Horizontal (SH), Leg Press 45° (LP), e Remada Curvada (RC). Participaram do experimento 16 jovens saudáveis (9 homens - idade= 23,4 ± 3 anos; massa=74,2 ± 9,9 Kg; altura=1,76±0,06m. 7 mulheres - idade= 25,4±1,5 anos; massa=60,5 ±9,1Kg; altura=1,67 ±0,06m). As cargas de 1RMcon e 1RMexc foram averiguadas em sessões distintas, e separadas por uma semana cada. A análise estatística foi realizada através de uma ANOVA two-way com *post test de Tukey e Kramer multiple comparison test*, sendo adotado como valor de referência significativa  $p < 0,05$ . Observamos que as cargas de 1RMexc foram significativamente maiores ( $p < 0,01$ ) que as de 1RMcon nos 3 exercícios analisados. Para o LP a diferença foi de 53%, para o SH de 70%, e para a RC 62% maior. Os dados observados sustentaram nossa hipótese e ainda enfatizam a importância de uma distinção da intensidade empregada para as ações excêntricas no treinamento de força.

**Palavras-chave:** Força muscular; Ação excêntrica; Intensidade do treinamento.

1-Laboratório de Bioquímica do Exercício – LABEX, Instituto de Biologia - Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

2- Laboratório de Instrumentação para Biomecânica (LIB), Faculdade de Educação Física, Unicamp, Campinas, Brasil.

3 - Faculdades Estácio de Sá - FAESO – Ourinhos, São Paulo.

## ABSTRACT

Discrepancies between concentric and eccentric muscle actions strength

The aim of this study was to observe the discrepancies between concentric and eccentric muscle actions strength in the tests of one repetition maximum concentric (1RMcon) and one repetition maximum eccentric (1RMexc) for the bench press (BP), Leg Press 45 ° (LP), and Seated Cable Rows (RC). Participated in the study 16 healthy young adults (9 men - age = 23.4 ± 3 years, mass = 74.2 ± 9.9 kg, height = 1.76 ± 0.06m. 7 women - age = 25.4 ± 1.5 years, mass = 60.5 ± 9.1KG, height = 1.67 ± 0.06m). 1RMcon and 1RMexc loads were verified in 2 distinct sessions, and separated by one week each. Statistical analysis was performed using a two-way ANOVA with post test Tukey and Kramer multiple comparison test was adopted as a benchmark significant  $p < 0.05$ . We observed that the 1RMexc loads were significantly higher ( $p < 0.01$ ) than those of 1RMcon in the 3 exercises analyzed. For the LP the difference was 53%, for the BP 70%, and the RC 62% higher. The observed data supported our hypothesis and further emphasize the importance of distinguishing the intensity used for the eccentric muscle actions in strength training.

**Key words:** Strength; Eccentric muscle actions; Training intensity.

Endereço para correspondência:

Laboratório de Bioquímica do Exercício (Labex), IB.

Cidade Universitária Zeferino Vaz - Instituto de Biologia. Cx. Postal 6.109.

Campinas – SP. Brasil. CEP: 13 083 970.

Fone: (19) 3521 6146 ou 3521 6145 Fax: (19) 3521 6129.

E-mail: bernardo\_311@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

O treinamento de força é caracterizado por meios e métodos que envolvem estímulos de curta duração e alta intensidade, onde o desenvolvimento da força e potência muscular é acompanhado por adaptações de ordens neurais e musculares, sem grandes mudanças no consumo máximo de oxigênio, ou na capacidade de ressíntese de ATP via metabolismo oxidativo (Campos e colaboradores, 2002). A manipulação das variáveis do treinamento como a intensidade, o volume, as pausas entre séries e exercícios, a velocidade de execução dos movimentos, e as ações musculares, pode afetar as respostas e adaptações neuromusculares tanto de forma aguda como crônica (Campos e colaboradores, 2002; Toigo e Boutellier 2006), e dependendo também de como essas variáveis são manipuladas, processo resulta em distintas adaptações, e consequentes incrementos na força, potência, resistência e hipertrofia em diferentes magnitudes (Campos e colaboradores, 2002; Toigo e Boutellier 2006).

Particularmente em relação à variável das ações musculares, a literatura tem observado que durante as ações musculares excêntricas (EXC) a capacidade de geração de força mostra-se muito maior que a observada durante as ações isométricas (ISO) e concêntricas (CON) (Rassier e colaboradores, 1999; Friedmann e colaboradores, 2004; Rassier e Herzog 2005; Herzog e colaboradores, 2006; Hollander e colaboradores, 2007). Segundo Rassier e Herzog (2005), o mecanismo por trás desse fenômeno ainda permanece desconhecido, e representa um desafio para todos os cientistas interessados em compreender os mecanismos das ações musculares, e os aspectos moleculares da produção de força.

Frente a essas observações alguns estudos como o de Smith e colaboradores, (2000) foi o pioneiro ao destacar que o teste de uma repetição máxima (1RM) clássico reflete apenas a máxima força que pode ser gerada durante uma ação muscular concêntrica (CON), e sendo assim, para o propósito específico da pesquisa, nomearam o teste de "1RM concêntrico" (1RMcon). Posteriormente, Friedman e colaboradores (2004), realizou um teste específico para avaliar a máxima força gerada nas ações

excêntricas. Os autores compararam o valor obtido com o da ação concêntrica, e prescreveram um treinamento com intensidades relativas ao máximo da força excêntrica e, recentemente, Hollander e colaboradores (2007) observaram a relação entre força concêntrica e excêntrica em exercícios frequentemente utilizados na prática do treinamento de força, preconizando então uma avaliação de força máxima para a ação excêntrica, nomeada de "1RM excêntrico" (1RMexc).

Baseados nessas recentes observações encontradas na literatura em relação à força concêntrica e excêntrica, destacamos haver uma maior necessidade de realização de estudos que consolidem a aplicação de testes mais específicos, que ilustrem tais discrepâncias na força muscular, e que forneçam parâmetros mais fidedignos para prescrição da intensidade do treinamento de força. Por isso, objetivamos com o presente estudo observar as discrepâncias em relação à produção de força muscular para as ações concêntrica e excêntrica nos testes de 1RMcon e 1RMexc para os exercícios de Supino Horizontal (SH), Leg Press 45° (LP), e Remada Curvada (RC). Hipotetizamos encontrar uma grande diferença na produção de força excêntrica em relação à concêntrica, também para esses exercícios.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Amostra

Participaram do experimento 16 jovens saudáveis (9 homens e 7 mulheres) e estudantes de educação física da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – Estado de São Paulo – Brasil. Antes da realização das avaliações o grupo, cujas características de idade, massa e altura estão dispostas na Tabela 1, foi previamente familiarizado com os exercícios propostos, bem como o ambiente do laboratório onde foram realizados os testes.

**Tabela 1:** Caracterização do grupo experimental. Dados expressos em média ( $\pm$  desvio padrão).

	Idade (anos)	Massa (Kg)	Altura (m)
Homens (n=9)	23,4 (3)	74,2 (9,9)	1,76 (0,06)
Mulheres (n=7)	25,4 (1,5)	60,5 (9,1)	1,67 (0,06)

Todos os indivíduos foram devidamente informados sobre os procedimentos adotados na pesquisa, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, sendo a mesma aprovada pelo comitê de ética em pesquisa da faculdade de odontologia de Piracicaba (FOP-UNICAMP).

### AVALIAÇÕES

#### Força máxima concêntrica (1RMcon) e excêntrica (1RMexc)

O protocolo do teste de 1RMcon realizado no presente estudo segue os procedimentos descritos por Brow e Weir (Brown e Weir 2001), e o de 1RMexc seguiu os preconizados por Hollander e colaboradores e colaboradores, (2007). Os exercícios de Supino Horizontal (SH), Leg Press 45° (LP), e Remada Curvada (RC) foram escolhidos por serem convencionalmente utilizados em programas de treinamento de força, proporcionando que tais análises pudessem ser facilmente reproduzidas na prática por atletas, e/ou preparadores físicos de diversas modalidades esportivas.

Antes da execução dos testes os indivíduos realizaram um aquecimento geral (3-5 minutos de atividade leve envolvendo os músculos a serem testados), seguido por alongamentos estáticos também para a musculatura envolvida. Após isso realizaram um conjunto específico de aquecimentos que consistiu de 8 repetições com aproximadamente 50% do estimado de 1RMcon, seguido por um outro conjunto de 3 repetições a 70% do mesmo. Posteriormente, as cargas foram

progressivamente incrementadas até que a carga de 1RMcon e 1RMexc fosse encontrada. Intervalos de descanso de aproximadamente 4 a 5 minutos foram inseridos entre cada tentativa de forma a assegurar a recuperação de fosfocreatina (Glaister 2005). O resultado foi considerado válido se o levantamento fosse realizado de forma adequada, controlada e sem assistência dos pesquisadores envolvidos na avaliação. O número de tentativas para se determinar tais valores não foi maior do que cinco (Kraemer e Fry 1995).

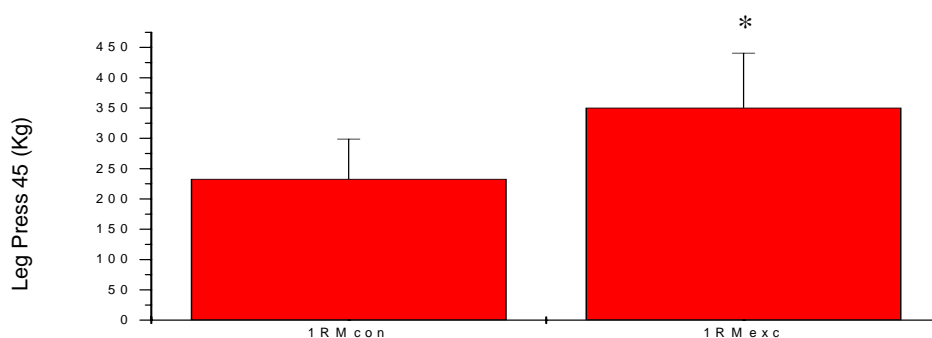
As cargas de 1RMcon e 1RMexc foram averiguadas em sessões distintas, e separadas por uma semana cada. Foram utilizados nos testes aparelhos e anilhas da marca Tonus Fitness Equipments.

#### Análise estatística

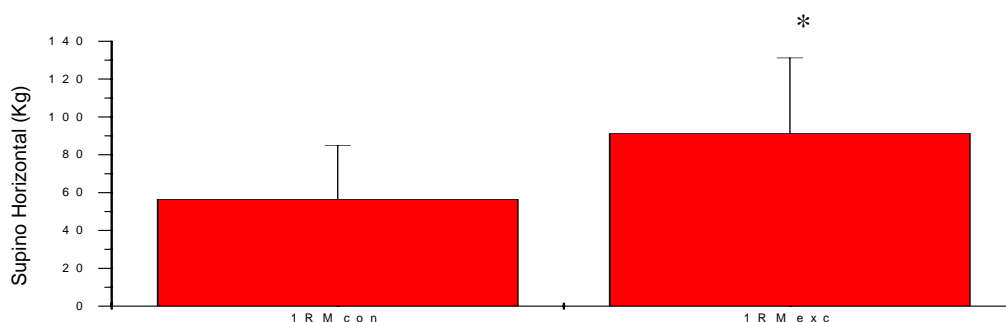
A análise estatística foi realizada através de uma ANOVA *two-way* com *post test* de Tukey e Kramer *multiple comparison test*, sendo adotado como valor de referência significativa  $p < 0,05$ .

### RESULTADOS

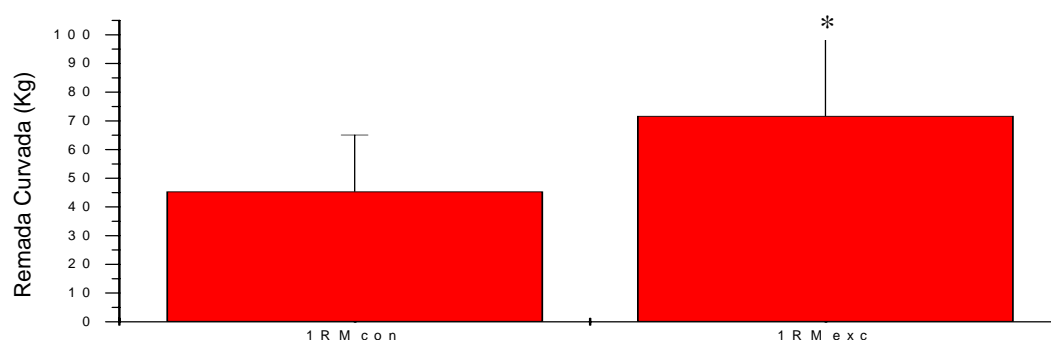
Observamos que as cargas de 1RMexc foram significativamente maiores ( $p < 0,01$ ) que as de 1RMcon nos 3 exercícios analisados. Para o Leg Press a diferença foi de 53%, para o Supino Horizontal de 70%, e para a Remada Curvada 62% maior. As figuras 1, 2 e 3, ilustram os valores das médias e desvios padrão das cargas encontradas nos testes de 1RMcon e 1RMexc para os 3 exercícios.



**Figura 1** - Cargas dos testes de 1RMcon e 1RMexc no exercício de Leg Press 45°. \* Diferença significativa em relação às cargas de 1RMcon ( $p < 0.01$ ).



**Figura 2** - Cargas dos testes de 1RMcon e 1RMexc no exercício de Supino Horizontal.\* Diferença significativa em relação às cargas de 1RMcon ( $p < 0,01$ ).



**Figura 3** - Cargas dos testes de 1RMcon e 1RMexc no exercício de remada Curvada.\* Diferença significativa em relação às cargas de 1RMcon ( $p < 0,01$ ).

## DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi observar as discrepâncias em relação à produção de força nos testes de 1RMcon e 1RMexc para os exercícios de Supino Horizontal, Leg press 45° e Remada Curvada. Hipotetizamos encontrar uma grande diferença na produção de força excêntrica em relação à concêntrica para esses exercícios, sendo a excêntrica expressando-se em maior magnitude. Nossas principais observações foram: as cargas de 1RMexc em relação ao 1RMcon apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) nos 3 exercícios analisados. Para o Leg Press as cargas apresentaram-se 53% maiores, para o Supino Horizontal 70%, e para a Remada Cruzada 62%. Os dados observados sustentaram nossa hipótese e ainda enfatizam a importância de uma distinção da intensidade empregada nas ações musculares no treinamento de força.

Nossas observações também corroboram com os resultados de Hollander e colaboradores e colaboradores (2007), cujo

estudo avaliou a força concêntrica e excêntrica para os exercícios de puxada costas (LTP), LP, SH, cadeira extensora (LE), desenvolvimento ombros (MP), e cadeira flexora (LC). Os homens demonstraram força excêntrica cerca de 20–60% maior do que a concêntrica (LTP = 32%, LP = 44%, SH = 40%, LE = 35%, MP = 49%, LC = 27%), e as mulheres excederam os parâmetros propostos para força excêntrica em apenas 4 exercícios (LP = 66%, SH = 146%, MP = 161%, LC = 82%).

Os fatos observados são de extrema importância no treinamento, pois a literatura relaciona de forma muito bem consolidada as respostas metabólicas agudas e crônicas aos exercícios com ações excêntricas. Seu indiscutível potencial de lesão à célula (Friden e Lieber 2001) e aumento da magnitude do processo inflamatório (Smith, Anwar e colaboradores. 2000), seriam o principal sinalizador do processo de reparo muscular. Tal fato justificaria a razão pela qual o treinamento de força composto por ações excêntricas levar a maiores ganhos de força e hipertrofia, do que o realizado puramente com

ações concêntrica (Dudley e colaboradores, 1991; Hather e colaboradores, 1991).

Essas observações por sua vez levaram diversos laboratórios a analisarem as respostas adaptativas aos protocolos de treinamento onde as ações excêntricas foram executadas com incrementos de intensidade, observando inúmeras respostas neuromusculares agudas e crônicas frente aos mesmos. – ver estudos de Smith e colaboradores (2000), Friedmann e colaboradores (2004), Doan e colaboradores (2002), Barstow e colaboradores (2003), Hortobagyi e DeVita (2000); Hortobagyi e colaboradores (2001), e Ojasto e Hakkinen (2009); Ojasto e Hakkinen (2009a).

Ojasto e Hakkinen (2009); Ojasto e Hakkinen (2009a), observaram tais respostas em dois recentes estudos. O primeiro avaliou as respostas frente a quatro sessões de treinamento de força máxima com cargas de 100, 105, 110, e 120% de 1RMcon. A força, a potência, e atividade eletromiográfica dos grupamentos musculares agonistas foram avaliadas. Todas as sessões levaram a reduções na força, quando comparada com a situação controle. A atividade eletromiográfica dos grupamentos agonistas na fase excêntrica incrementou, mas os dados observados não apresentaram que cargas diferenciadas para o exercício de supino não incrementaram a produção de força concêntrica.

No segundo estudo além das respostas neuromusculares, também foram observadas as concentrações plasmáticas de GH e lactato, frente ao protocolo com intensidades acentuadas para as ações excêntricas no exercício de supino. Os indivíduos realizaram um protocolo de 4 séries de 10 repetições com 2 minutos de pausa entre as séries, com cargas de 70, 80, 90, e 100% de 1RMcon para a fase excêntrica. Entretanto, a intensidade de 70% de 1RMcon foi constantemente empregada para as ações concêntrica. A atividade eletromiográfica, a força isométrica, concentrações séricas de GH e lactato foram mensuradas nos momentos pré e pós-execução do protocolo. Foram constatadas reduções na força máxima isométrica e concêntrica no momento pós em relação ao pré para todas as intensidades, e os incrementos nas concentrações sanguíneas de lactato e de GH na intensidade 90/70% foram maiores do que na de 70/70%. A atividade eletromiográfica para as ações

excêntricas incrementou proporcionalmente com a intensidade empregada para a mesma, sendo que no conjunto a observação dos dados sugere que a intensidade 90/70% tenha levado agudamente a respostas metabólicas e hormonais mais favoráveis ao incremento da força e potência, quando comparada a condição controle 70/70%. Os autores sugeriram que o respectivo protocolo fosse aplicado na prática dos programas de treinamento de força, e hipertrofia sugerindo uma individualização da intensidade a ser empregada nas ações excêntrica.

## CONCLUSÃO

Observamos que as cargas de 1RMexc dos sujeitos analisados no estudo foram significativamente maiores que as de 1RMcon, consolidando ainda mais as observações realizadas na literatura sobre a discrepância na produção de força entre ações concêntrica e excêntricas. O presente estudo contribui para consolidar as ações excêntricas como uma variável do treinamento a ser observada e manipulada com uma atenção especial por parte de técnicos e preparadores físicos. Os resultados observados levam a uma possível alternativa de parâmetro da intensidade do treinamento de força, o que pode tornar-se uma ferramenta e útil a ser aplicada na preparação de atletas de força e potência. Sugerimos que mais estudos investiguem a manipulação dessa variável no treinamento, a fim de observarmos quais respostas agudas e crônicas seriam interessantes para serem enfatizadas em determinados períodos dos planejamentos de treino.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Tonus Fitness Equipments por fornecer os equipamentos e anilhas necessárias à realização do experimento, e também a todos os voluntários que contribuíram para a concretização do mesmo.

## REFERÊNCIAS

- 1- Barstow, I.K.; Bishop, M.D.; e colaboradores. Is enhanced-eccentric resistance training superior to traditional training for increasing elbow flexor strength?



# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

- Journal of Sports Science and Medicine. Num. 2. 2003. p. 62-69.
- 2- Brown, L.E.; Weir, J.P. ASEP Procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. Num. 4. 2001. p. 1-21.
- 3- Campos, G.E.; Luecke, T.J.; e colaboradores. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. Eur J Appl Physiol. Vol. 88. Num. (1-2). 2002. p. 50-60.
- 4- Doan, B.K.; Newton, R.U.; e colaboradores. Effects of increased eccentric loading on bench press 1RM. J Strength Cond Res. Vol. 16. Num. 1. 2002. p. 9-13.
- 5- Dudley, G.A.; Tesch, P.A.; e colaboradores. Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. Aviat Space Environ Med. Vol. 62. Num. 6. 1991. p. 543-550.
- 6- Friden, J.; Lieber, R.L. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. Acta Physiol Scand. Vol. 171. Num. 3. 2001. p. 321-326.
- 7- Friedmann, B.; Kinscherf, R.; e colaboradores. Muscular adaptations to computer-guided strength training with eccentric overload. Acta Physiol Scand. Vol. 182. Num. 1. 2004. p. 77-88.
- 8- Glaister, M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. Sports Med. Vol. 35. Num. 9. 2005. p. 757-777.
- 9- Hather, B.M.; Tesch, P.A.; e colaboradores. Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. Acta Physiol Scand. Vol. 143. Num. 2. 1991. p. 177-185.
- 10- Herzog, W.; Lee, E.J.; e colaboradores. Residual force enhancement in skeletal muscle. J Physiol. Num. 574(Pt 3). 2006. p. 635-642.
- 11- Hollander, D.B.; Kraemer, R.R.; e colaboradores. Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. J Strength Cond Res. Vol. 21. Num. 1. 2007. p. 34-40.
- 12- Hortobagyi, T.; DeVita, P. Favorable neuromuscular and cardiovascular responses to 7 days of exercise with an eccentric overload in elderly women. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. Vol. 55. Num. 8. 2000. p. B401-410.
- 13- Hortobagyi, T.; Devita, P.; e colaboradores. Effects of standard and eccentric overload strength training in young women. Med Sci Sports Exerc. Vol. 33. Num. 7. 2001. p. 1206-1212.
- 14- Kraemer, W.J.; Fry, A.C. Strength testing: development and evaluation of methodology. 1995.
- 15- Ojasto, T.; Hakkinen, K. Effects of different accentuated eccentric load levels in eccentric-concentric actions on acute neuromuscular, maximal force, and power responses. J Strength Cond Res. Vol. 23. Num. 3. 2009. p. 996-1004.
- 16- Ojasto, T.; Hakkinen, K. Effects of different accentuated eccentric loads on acute neuromuscular, growth hormone, and blood lactate responses during a hypertrophic protocol. J Strength Cond Res. Vol. 23. Num. 3. 2009a. p. 946-53.
- 17- Rassier, D.E.; Herzog, W. Force enhancement and relaxation rates after stretch of activated muscle fibres. Proc Biol Sci. Vol. 272. Num. 1562. 2005. p. 475-80.
- 18- Rassier, D.E.; Herzog, W. Relationship between force and stiffness in muscle fibers after stretch. J Appl Physiol. Vol. 99. Num. 5. 2005. p. 1769-1775.
- 19- Rassier, D.E.; MacIntosh, B.R.; e colaboradores. Length dependence of active force production in skeletal muscle. J Appl Physiol. Vol. 86. Num. 5. 1999. p. 1445-1457.
- 20- Smith, L.L.; Anwar, A.; e colaboradores. Cytokines and cell adhesion molecules

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpex.com.br](http://www.rbpex.com.br)

---

associated with high-intensity eccentric exercise. Eur J Appl Physiol. Vol. 82. Num. (1-2). 2000. p. 61-67.

21- Toigo, M.; Boutellier, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. Eur J Appl Physiol. Vol. 97. Num. 6. 2006. p. 643-663.

Recebido para publicação em 21/11/2009

Aceito em 18/01/2010