

# Efeito do Número e Intensidade das Ações Excêntricas nos Indicadores de Dano Muscular

APARELHO LOCOMOTOR  
NO EXERCÍCIO E NO ESPORTE



Artigo Original

*Effect of the Number and Intensity of Eccentric Actions on the Markers of Muscle Damage*

Renato Barroso<sup>1</sup>  
Hamilton Roschel<sup>1</sup>  
Saulo Gil<sup>1</sup>  
Carlos Ugrinowitsch<sup>1</sup>  
Valmor Tricoli<sup>1</sup>

1 - Departamento de Esporte, Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo – São Paulo, SP

## Correspondência:

Av. Prof. Melo Moraes, 65 – Butantã  
05508-030 – São Paulo, SP  
E-mail: barroso@usp.br

## RESUMO

A realização de uma sessão de treinamento de força, especialmente de ações excêntricas, provoca danos à estrutura muscular. Algumas características da realização das ações excêntricas parecem agravar a ocorrência do dano. O número de contrações realizadas e o grau de tensão desenvolvida em cada uma delas parecem afetar a magnitude do dano. Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi investigar se o número e a intensidade das ações excêntricas contribuem para o aumento do dano muscular, avaliado através das alterações de marcadores indiretos. Vinte e quatro jovens adultos do sexo masculino foram divididos aleatoriamente em três grupos. Um dos grupos realizou 30 ações excêntricas para os flexores do cotovelo com 70% de 1RM (EXC30-70, n = 8). Outro grupo realizou o mesmo número de repetições, porém com 110% de 1RM (EXC30-110, n = 8). Um terceiro grupo realizou um número maior de repetições (60) com 70% de 1RM (EXC60-70, n = 8). A amplitude de movimento, a circunferência do braço, a força máxima (1RM) e a dor muscular tardia foram avaliadas antes, imediatamente, 48 e 96 horas após o exercício. Os resultados foram analisados através de análise de variância com dois fatores e revelaram que as alterações foram maiores no grupo EXC30-110 comparadas com EXC30-70 e EXC60-70. Esses dados sugerem que a intensidade das ações excêntricas afeta mais a ocorrência de dano do que o número de contrações.

**Palavras-chave:** força muscular, amplitude de movimento, treino de força.

## ABSTRACT

A single bout of resistance training, especially with eccentric actions, induces damage to the muscle structure. Characteristics of eccentric actions may increase muscle damage. The number and intensity of contractions seem to affect the magnitude of muscle damage. Thus, the aim of this study was to investigate if the number and the intensity of contraction increase muscle damage, evaluated through alterations in indirect markers of muscle damage. Twenty-four young male adults were randomly placed into three groups. One of the groups performed 30 eccentric actions of the elbow flexors at 70% of 1RM (EXC30-70, n = 8). Another group performed the same number of repetitions, but at 110% of 1RM (EXC30-110, n = 8). A third group performed a higher number of repetitions (60) at 70% of 1RM (EXC60-70, n = 8). Range of motion, limb girth, maximal dynamic strength (1RM) and muscle soreness were assessed before, immediately after, 48h and 96h post exercise. Results were analyzed by a 2-way ANOVA and showed that alterations were more remarkable larger in EXC30-110 compared to EXC30-70 and EXC60-70. These data suggest that eccentric action intensity affects the magnitude of muscle damage more than the number of contractions.

**Keywords:** muscle strength, range of motion, resistance training.

## INTRODUÇÃO

A realização de uma sessão de treinamento de força, e particularmente de ações musculares excêntricas, provoca danos à estrutura do músculo esquelético. Esse dano causa uma resposta inflamatória que induz à dor muscular tardia, edema muscular, elevação da concentração de creatina quinase (CK) no sangue, diminuição da amplitude de movimento e da força muscular<sup>(1)</sup> e alteração da curva força-comprimento do músculo<sup>(2)</sup>, causando a obtenção da força máxima em maiores comprimentos do músculo. Essas alterações podem persistir por até 14 dias<sup>(3)</sup>.

O mecanismo causador do dano muscular é mecânico. Durante as ações excêntricas, os sarcômeros são alongados enquanto geram tensão. Alguns dos sarcômeros ativos são mais fracos que outros e então são submetidos a maiores alongamentos. Esse evento provoca a diminuição da sobreposição dos miofilamentos de actina e miosina e, por vezes, estes miofilamentos podem não voltar a se sobrepor<sup>(4,5)</sup>.

Com a repetição sucessiva das ações excêntricas, a tensão que seria suportada pelos miofilamentos será imposta sobre os elementos elásticos destes sarcômeros, podendo provocar o seu rompimento (Morgan, 1990) e aumentando a quantidade de dano muscular.

A magnitude do dano muscular parece, então, estar ligada ao grau de tensão muscular desenvolvido<sup>(6)</sup>, o que nos permite dizer que a intensidade da ação excêntrica desempenha um papel importante neste processo<sup>(7)</sup>. Além da intensidade, o número de repetições realizadas parece influenciar na extensão do dano muscular<sup>(8-11)</sup>. Contudo, resultados distintos têm sido encontrados a partir da combinação destes fatores.

Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi comparar o efeito de diferentes números de repetições e intensidade de exercício sobre os marcadores indiretos de dano muscular (dor muscular tardia, amplitude de movimento, circunferência do braço e desempenho de força muscular) nos músculos flexores do cotovelo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Amostra

Participaram do estudo 24 sujeitos fisicamente ativos do sexo masculino ( $20,1 \pm 2,4$  anos,  $73,2 \pm 9,4$ kg,  $175,4 \pm 5,1$ cm), sem histórico de lesões articulares no punho, cotovelo e ombro, que não tinham realizado treinamento de força por um período de seis meses anterior ao estudo. Todos os sujeitos foram informados sobre os objetivos, riscos e benefícios associados ao estudo e assinaram um consentimento livre e esclarecido antes da participação. Os sujeitos foram aleatoriamente divididos em três grupos. Um dos grupos realizou 30 ações excêntricas com intensidade igual a 70% de 1RM (EXC30-70,  $n = 8$ ); um segundo grupo realizou o mesmo número de repetições, porém com intensidade equivalente a 110% de 1RM (EXC30-110,  $n = 8$ ); e o terceiro grupo realizou 60 repetições com intensidade igual a 70% de 1RM (EXC60-70,  $n = 8$ ).

### Procedimentos experimentais

Os indivíduos compareceram ao laboratório para um total de duas sessões experimentais, separadas por 14 dias. Em uma das sessões experimentais, os sujeitos realizaram um teste de força dinâmica máxima (teste de 1RM) de flexão de cotovelos unilateral utilizando o braço não dominante. Após o teste de 1RM, os sujeitos realizaram uma familiarização ao protocolo de dano com o braço contralateral. Essa familiarização consistiu de três séries de cinco repetições com intensidade igual a 70% de 1RM obtido no braço ipsilateral e intervalo de dois minutos. Na segunda sessão experimental, os participantes realizaram um protocolo para indução de dano muscular aos flexores do cotovelo.

Na segunda sessão experimental, na qual foram realizados os protocolos de dano, foram avaliados os indicadores de dano muscular (dor, circunferência do braço (CIR), amplitude de movimento (ADM) e força muscular) em diferentes momentos. Após um período de aquecimento, os sujeitos foram submetidos a um dos protocolos de dano muscular (EXC30-70, EXC30-110 ou EXC60-70). Antes, imediatamente após, 48 e 96 horas após a realização dos protocolos, os indicadores indiretos de dano muscular foram mensurados, com exceção da força muscular que a medida pré foi realizada na primeira sessão experimental realizada 14 dias antes.

### Protocolos de dano muscular

Antes da execução do protocolo de dano, os sujeitos realizaram aquecimento específico para os flexores de cotovelo. Esse aquecimento consistiu de duas séries de 10 repetições a 40-50% de 1RM. O intervalo entre as séries foi de 90 segundos. Entre o aquecimento e o protocolo de dano foi respeitado um intervalo de três minutos. Para todos os protocolos de dano, a amplitude de movimento foi igual a  $120^\circ$ , com o início com o cotovelo flexionado a aproximadamente  $60^\circ$  e o término com o cotovelo em extensão completa ( $180^\circ$ ). Ao término de cada ação muscular, o pesquisador retornava o peso utilizado à posição inicial. As ações excêntricas deveriam ser realizadas em três segundos e um metrônomo foi utilizado para o controle do ritmo de execução. Entre cada série de todos os protocolos foi respeitado um intervalo de dois minutos.

### Protocolo de dano muscular EXC30-70

Os sujeitos foram requisitados a realizar cinco séries de seis ações excêntricas a 70% de 1RM.

### Protocolo de dano muscular EXC60-70

Os sujeitos foram requisitados a realizar 10 séries de seis ações excêntricas a 70% de 1RM.

### Protocolo de dano muscular EXC30-110

Os sujeitos foram requisitados a realizar cinco séries de seis ações excêntricas a 110% de 1RM.

## MEDIDAS

### Força dinâmica máxima (1RM) dos flexores do cotovelo

Este teste consistiu na mensuração da máxima quantidade de peso que podia ser levantada na execução completa do exercício flexão do cotovelo. O teste foi realizado uma semana antes do protocolo de dano e foi precedido por um aquecimento específico de uma série de oito repetições com aproximadamente 50% de 1RM estimado e uma série de três repetições com 70% de 1RM estimado. O intervalo foi de 90 segundos entre as séries. Três minutos após o término desse aquecimento os sujeitos tiveram até um máximo de cinco tentativas para a execução do movimento com carga máxima. Se o número de tentativas fosse insuficiente, o teste era repetido em outra ocasião com um intervalo mínimo de cinco dias. Um intervalo de três minutos foi dado entre cada tentativa e os sujeitos não foram informados da quantidade de peso que estavam levantando. O teste foi realizado em um banco Scott. Esse teste foi realizado 14 dias antes, imediatamente, 48 e 96 horas após o término dos protocolos de dano.

### Amplitude de movimento (ADM)

As medidas da amplitude de movimento da articulação do cotovelo foram feitas com um goniômetro, ao início, imediatamente, 48 e 96 horas após a realização da sessão experimental. Os pontos anatômicos de referência para o posicionamento do goniômetro foram a inserção do deltoide, o epicôndilo lateral do úmero e o ponto médio entre os processos estiloides ulnar e radial<sup>(12)</sup>. Estes pontos foram marcados com tinta semipermanente para a manutenção dos mesmos durante todo o período do estudo. O ângulo de extensão foi medido com os sujeitos em pé e com os braços relaxados ao lado do corpo. O ângulo de flexão foi medido depois de solicitado aos sujeitos que flexionassem o cotovelo o máximo que conseguissem, tentando alcançar o ombro ipsilateral. A ADM foi calculada subtraindo-se o ângulo de flexão do ângulo de extensão.

### Circunferência do braço

A circunferência do braço serviu para avaliação indireta do edema muscular<sup>(13)</sup>. Essa medida foi realizada em quatro pontos distintos: 1 (CIR1), 5 (CIR5) e 7cm (CIR7) acima e 1cm (CIR-1) abaixo do epicôndilo lateral ao início, imediatamente, 48 e 96 horas após a realização da sessão experimental. Os pontos de medição foram marcados com tinta semipermanente para a manutenção dos mesmos locais durante todo o estudo. As medidas foram realizadas utilizando uma fita métrica específica para esta finalidade. Foi solicitado ao sujeito que mantivesse o braço em uma posição neutra e relaxada ao lado do corpo.

### Percepção subjetiva de dor (DOR)

Os sujeitos foram requisitados a classificar a dor muscular ao início, imediatamente, 48 e 96 horas após a realização da sessão experimental. Foi entregue aos indivíduos uma folha com uma linha de 10cm de comprimento, que representava a escala subjetiva de dor. Uma das extremidades (0cm) referia-se a "sem dor" e a extremidade oposta (10cm) a "extremamente dolorido". Os sujeitos indicaram na linha um ponto que representava a dor que eles estavam sentindo nos músculos exercitados. A distância em centímetros da extremidade zero até o ponto indicado pelo sujeito foi considerada como a medida de dor.

## TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados foram analisados de acordo com estatística descritiva. Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas de dois fatores (grupo e tempo) foi utilizada para a análise dos dados. Quando um valor significativo de F foi encontrado, *post hoc* de Tukey foi utilizado para encontrar as diferenças. O nível de significância adotado foi de  $p \leq 0,05$ .

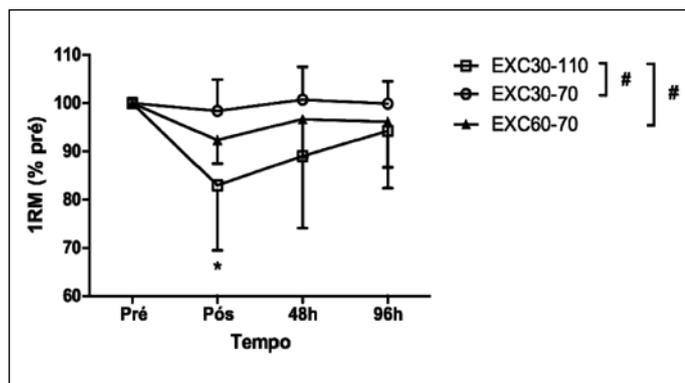
## RESULTADOS

Não houve diferenças significantes entre os grupos no desempenho no teste de 1-RM antes dos protocolos de dano. Os valores de 1RM diminuíram significativamente imediatamente após o exercício apenas nos sujeitos do grupo EXC30-110. Quarenta e oito horas após o protocolo de dano, a força já havia voltado a valores similares aos do momento pré-intervenção. Além disso, houve efeito principal de grupo; o grupo EXC30-110 teve maiores alterações nos marcadores de dano do que os outros dois grupos, mas não houve diferença entre EXC30-70 e EXC60-70 (figura 1).

A DOR aumentou significativamente nos grupos EXC30-110 e EXC60-70 imediatamente e 48h após o exercício. Houve efeito principal de grupo. Noventa e seis horas após o exercício, a DOR havia retornado aos valores iniciais nos grupos EXC60-70 e EXC30-110 (figura 2).

O grupo EXC30-110 apresentou diminuição significativa imediatamente e 48h após o exercício na ADM. Novamente, houve efeito principal de grupo, demonstrando que as alterações observadas no grupo EXC30-110 foram maiores do que nos dois outros grupos (figura 3).

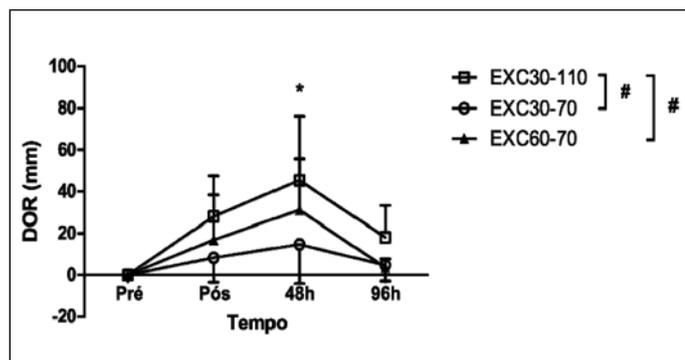
A circunferência do braço nos quatro locais avaliados não apresentou alterações significantes em nenhum dos grupos ao longo dos períodos analisados (figura 4).



**Figura 1.** Variações percentuais de 1RM imediatamente (Pós), 48h e 96h pós com relação aos valores pré-intervenção.

\* –  $p < 0,05$  em relação ao pré apenas no grupo EXC30-110.

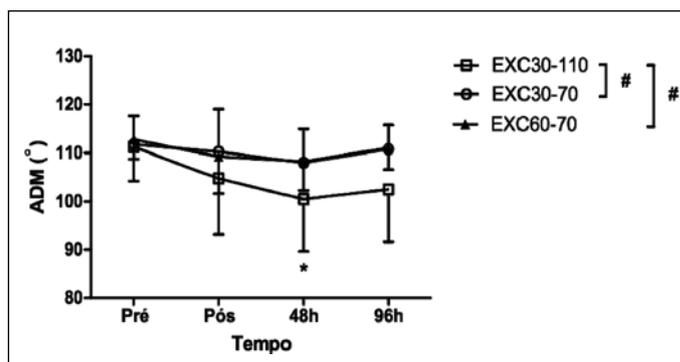
# –  $p < 0,05$  efeito principal de grupo.



**Figura 2.** Dor muscular tardia (DOR) pré, imediatamente (pós), 48h e 96h pós-intervenção.

\* –  $p < 0,05$  em relação ao pré apenas nos grupos EXC30-110 e EXC60-70.

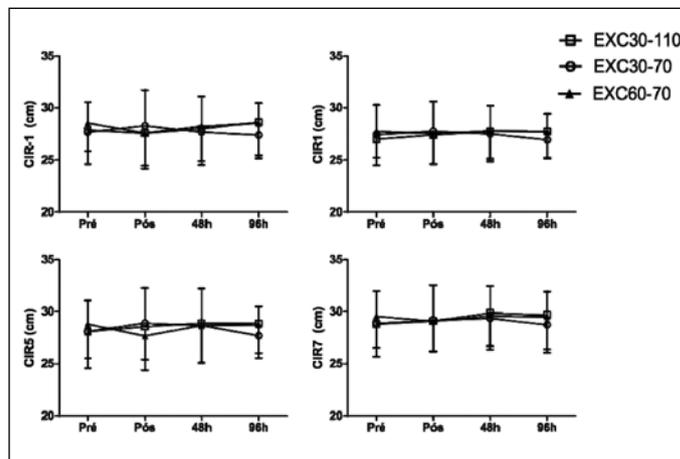
# –  $p < 0,05$  efeito principal de grupo.



**Figura 3.** Amplitude de movimento (ADM) pré, imediatamente (pós), 48h e 96h pós-intervenção.

\* –  $p < 0,05$  em relação ao pré apenas no grupo EXC30-110.

# –  $p < 0,05$  efeito principal de grupo.



**Figura 4.** Circunferência do braço (CIR) pré, imediatamente (pós), 48h e 96h pós-intervenção nos quatro locais avaliados.

## DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi investigar o efeito do número e/ou intensidade das ações excêntricas nas alterações dos marcadores indiretos de dano muscular. Foram comparados três protocolos para indução de dano muscular EXC30-70, EXC30-110 e EXC60-70. Os resultados demonstraram que o aumento da intensidade promove maiores alterações nos marcadores de dano muscular quando comparados os grupos que realizaram o mesmo número de repetições (EXC30-110 x EXC30-70). Contudo, o protocolo com maior número de repetições (EXC60-70) e com intensidade submáxima não causou alterações significantes nos marcadores utilizados. Esses resultados sugerem que o aumento da tensão muscular (e.g. aumento de intensidade) afeta mais os marcadores de dano muscular do que o aumento do volume de exercício (e.g. número de repetições).

Morgan<sup>(14)</sup> propôs a teoria de que, durante as ações excêntricas, os sarcômeros mais fracos em uma fibra muscular são mais alongados do que outros, diminuindo a sobreposição dos miofilamentos. Em alguns desses sarcômeros "superalongados", os miofilamentos não conseguem voltar a se sobrepor e são rompidos durante as ações excêntricas subsequentes. Assim, é possível que o maior número de ações excêntricas proporcione mais oportunidades para esse rompimento. Além disso, o rompimento inicial de alguns sarcômeros aumenta a tensão nos sarcômeros vizinhos, provocando o rompimento de mais sarcômeros com o aumento do número de repetições<sup>(4)</sup>, o que aumentaria ainda mais a ocorrência de dano. De acordo com a sugestão de Morgan<sup>(14)</sup>, Chen e Nosaka<sup>(15)</sup> observaram que o aumento do número de ações excêntricas provocou maiores alterações nos marcadores de

dano muscular. No entanto, no presente estudo, o aumento do número de contrações não afetou a ocorrência do dano. É possível que essas diferenças sejam devidas à natureza das ações excêntricas, máximas no estudo de Chen e Nosaka<sup>(15)</sup> e submáximas em nossa investigação, o que significa que o maior número de contrações submáximas não induz maior ocorrência de dano, reforçando o papel da intensidade do exercício.

Por outro lado, Friden e Lieber<sup>(6)</sup> sugeriram que o aumento da intensidade das contrações excêntricas promove a elevação da tensão passiva imposta sobre os elementos elásticos. Esse aumento da tensão passiva associado à desigualdade dos sarcômeros pode responder, pelo menos em parte, pelo aumento da incidência de dano muscular. Nosaka e Newton<sup>(10)</sup> comparam dois grupos de sujeitos que realizaram ações excêntricas máximas e submáximas (50% da contração isométrica máxima). Eles observaram maiores alterações dos marcadores de dano muscular no grupo que realizou as ações máximas. Essas maiores alterações foram identificadas a partir de 24h após o exercício, uma vez que as alterações que aconteceram imediatamente após o exercício eram similares entre os dois grupos. Os autores sugerem que o mecanismo inicial de dano era similar entre os grupos. Porém, o grupo que realizou contrações máximas teria sido submetido a danos secundários maiores. Nossos achados são parcialmente diferentes dos de Nosaka e Newton<sup>(10)</sup>, pois as alterações que aconteceram imediatamente após o exercício foram diferentes entre os grupos EXC30-70 e EXC30-110, mas não eram diferentes após 48h para a maioria dos marcadores, indicando recuperação do dano em velocidade similar em ambos os grupos. Segundo a sugestão desses mesmos autores, é possível que no presente estudo o dano inicial tenha sido diferente entre os grupos, mas o dano secundário não foi diferente.

Em um estudo bastante interessante, Paschalis *et al.*<sup>(16)</sup> comparam diferentes intensidades (100% e 50% de 1RM) das ações excêntricas no dano muscular. Entretanto, os autores equalizaram o volume de trabalho realizado entre as duas intensidades, o que resultou em número

maior de contrações na condição submáxima (120 na condição máxima e, em média, 202 na condição submáxima). Dessa maneira, apesar de em nosso modelo não ter havido o controle do volume de trabalho, o *design* foi bastante similar ao que nós utilizamos comparando diferentes números de contrações (30 x 60) em diferentes intensidades (70% x 110% de 1RM). Contudo, os resultados do presente estudo diferem ligeiramente dos encontrados por Paschalis *et al.*<sup>(16)</sup>. Estes reportaram recuperação mais rápida da força muscular após a condição submáxima, enquanto nós não observamos diferença na diminuição da força muscular entre EXC60-70 e EXC30-110. É possível sugerir que a diferença entre os protocolos experimentais tenham interferido nas diferentes respostas observadas.

Era esperada uma maior diferença nas alterações dos marcadores de dano muscular entre os grupos, visto que o maior número de contrações proporcionaria mais oportunidades para a ocorrência de dano<sup>(4)</sup> e a maior intensidade sobrecarregaria os elementos elásticos<sup>(6)</sup>. Contudo, é possível que o teste de força dinâmica máxima (teste de 1-RM) tenha provocado pequeno grau de dano muscular durante sua realização e com isso desencadeado algumas adaptações protetoras na estrutura muscular, fenômeno conhecido como Efeito da Carga Repetida<sup>(17,18)</sup>. Essas adaptações são iniciadas até mesmo por um pequeno número de ações excêntricas<sup>(19,20)</sup> e podem durar até seis meses<sup>(21)</sup>. Assim, é possível que esse efeito tenha protegido a estrutura muscular da maior ocorrência de dano nas sessões experimentais, eventualmente diminuindo a diferença entre os grupos.

Apesar da possibilidade da existência desse efeito é possível sugerir que a intensidade das contrações excêntricas seja mais importante para a ocorrência de dano muscular do que o número de contrações, visto que as adaptações protetoras afetariam os três grupos da mesma maneira.

---

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

---

## REFERÊNCIAS

1. Nosaka K, Newton M. Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:63-9.
2. Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:783-90.
3. Clarkson PM, Tremblay I. Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *J Appl Physiol* 1988;65:1-6.
4. Morgan DL, Allen DG. Early events in stretch-induced muscle damage. *J Appl Physiol* 1999;87:2007-15.
5. Morgan DL, Proske U. Popping sarcomere hypothesis explains stretch-induced muscle damage. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2004;31:541-5.
6. Friden J, Lieber RL. Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. *Cell Tissue Res* 1998;293:165-71.
7. Chen TC, Nosaka K, Sacco P. Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle, and the magnitude of repeated-bout effect. *J Appl Physiol* 2007;102:992-9.
8. Lieber RL, Friden J. Muscle damage is not a function of muscle force but active muscle strain. *J Appl Physiol* 1993;74:520-6.
9. McCully KK, Faulkner JA. Characteristics of lengthening contractions associated with injury to skeletal muscle fibers. *J Appl Physiol* 1986;61:293-9.
10. Nosaka K, Newton M. Difference in the magnitude of muscle damage between maximal and submaximal eccentric loading. *J Strength Cond Res* 2002;16:202-8.
11. Nosaka K, Sakamoto K. Effect of elbow joint angle on the magnitude of muscle damage to the elbow flexors. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:22-9.
12. Evans RK, Knight KL, Draper DO, Parcell AC. Effects of warm-up before eccentric exercise on indirect markers of muscle damage. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1892-9.
13. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Physical Med Rehab* 2002;81(11 Suppl):S52-69.
14. Morgan DL. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophys J* 1990;57:209-21.
15. Chen TC, Nosaka K. Effects of number of eccentric muscle actions on first and second bouts of eccentric exercise of the elbow flexors. *J Sci Med Sport* 2006;9:7-66.
16. Paschalis V, Koutedakis Y, Jamurtas AZ, Mougios V, Baltzopoulos V. Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. *J Strength Cond Res* 2005;19:184-8.
17. Nosaka K, Clarkson PM. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1263-9.
18. Barroso R, Tricoli V, Ugrinowitsch C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. *R Bras Ci e Mov* 2005;13:111-22.
19. Howatson G, Van Someren K, Hortobagyi T. Repeated bout effect after maximal eccentric exercise. *Int J Sports Med* 2007;28:557-63.
20. Brown SJ, Child RB, Day SH, Donnelly AE. Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. *J Sports Sci* 1997;15:215-22.
21. Nosaka K, Sakamoto K, Newton M, Sacco P. How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last? *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1490-5.