

LESÃO MUSCULAR APÓS DIFERENTES MÉTODOS DE TREINAMENTO DE MUSCULAÇÃO

Muscular Injury after Different Resistance Training Systems

Elson de Almeida¹
Aguinaldo Goncalves²
Soraya El- Khatib³
Carlos Roberto Padovani⁴

Resumo

O estudo objetivou comparar dois métodos de treinamento, em relação ao nível de creatina quinase na corrente sanguínea e a frequência de dor muscular tardia. Foram considerados 40 estudantes universitários, com pequena experiência no treinamento com pesos, divididos em dois grupos: o "Multiple Set System" (MSS) e o "Circuit Weight Training" (CWT). A dor muscular tardia (DMT) foi mensurada de acordo com o procedimento de Talag (1973), avaliada imediatamente após a sessão de treinamento e, posteriormente, às 24, 48 e 72 horas. Amostras de sangue foram colhidas durante os mesmos períodos. Os níveis de creatina quinase (CK) no sangue medidos por meio de espectrofotometria (Reflotron) foram $88 \pm 122,95$ e $87,10 \pm 96,75$ U/L, no pré-exercício, para o MSS e CWT, respectivamente. Após 24 horas, $371,00 \pm 597,50$ e $190,00 \pm 248,35$ U/L, em 48 horas $800,00 \pm 609,10$ e $219,00 \pm 495,85$ U/L, em 72 horas $1300,00 \pm 631,40$ e $145,00 \pm 631,00$ U/L. As medidas de DMT foram significativamente menores no CWT ($p < 0,05$). Os resultados demonstraram que o CWT é menos lesivo, apontando para sua utilização nas fases iniciais de treinamento. Além disso, o protocolo utilizado sugere uma relação metabólica entre o treinamento e os sinais de microlesão muscular.

Palavras-chave: Treinamento; Creatina quinase; Dor.

Abstract

The present study aimed to compare two methods of training in relation to appearance of creatine kinase in the bloodstream and delayed muscular soreness. Differences in these parameters relates to rest periods and the alteration of muscular groups were studied. For the study, 40 college students with little experience in resistance training were divided into two trainings groups, one using the multiple set system (MSS) and the other performing circuit weight training (CWT). Delayed onset muscular soreness (DOMS) was evaluated according to the procedure of Talag (1973). Subjects were tested immediately after, 24, 48 and 72 hours following the training session. Blood samples were taken during the same periods. Creatine Kinase (CK) levels in the blood were measured by spectrophotometer (Reflotron). All procedures had approval of the research ethics committee of the School of Medical Sciences/ UNICAMP and the participants agreed to take part in the activities. CK levels were 88.25 ± 122.95 and 87.10 ± 96.75 U/L at baseline (ns) for the MSS and CWT. At 24 hours, 371.00 ± 597.50 and 190.00 ± 248.35 U/L, 48 hours 800.00 ± 609.10 and 219.00 ± 495.85 U/L, 72 hours 1300.00 ± 631.40 and 145.00 ± 631.00 U/L for the MSS and CWT groups respectively. DOMS measures were significantly lower in the CWT group ($p < 0.05$). The results showed that CWT is less damaging, pointing to its use in the CWT groups respectively. DOMS measures were significantly lower in the CWT group ($p < 0.05$). The results showed that CWT is less damaging, pointing to its use in the initial phases of training. In addition, the protocol used suggested a metabolic causal relationship between resistance exercise and signs of muscular microinjury.

Keywords: Training; Creatine kinase; Soreness.

¹ Mestre em Ciências do Esporte (UNICAMP). Rua Latino Coelho, 1343, CEP 13087-010, Bairro: Taquaral, Campinas, SP elsonalmeida@bol.com.br

² Orientador do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física (UNICAMP). aguinaldo@fef.unicamp.br

³ Doutora em Biologia Molecular (UNICAMP). sofarma@yahoo.com.br

⁴ Doutor em Bioestatística (UNESP). bioestatística@ibb.unesp.br

Introdução

A lesão induzida na prática de exercício muscular inabitual provoca alterações celulares em uma seqüência de eventos que podem ocasionar necrose da fibra. Identificam-se, dentre elas, alterações bioquímicas, sangüíneas, urinárias, funcionais, estruturais e ultra-estruturais. Em geral, destacando-se microrrupturas, edema, aparecimento de células inflamatórias, liberação enzimática, dor muscular tardia, diminuição do ângulo de repouso articular e perda de força (1).

Em relação às causas, Armstrong et al. (2) apontam para dois fatores básicos que levariam o exercício a desencadear dano às fibras: o estresse mecânico e o estresse metabólico.

Barclay e Hansel (3) verificaram a associação entre a produção de radicais livres e a lesão induzida pelo exercício, sugerindo que a produção pode estar relacionada ao exercício exaustivo de longa duração, ao fenômeno de isquemia-reperfusão e ao exercício intervalado.

As microrrupturas causadas pelo exercício relacionam-se à prática de quase todas as modalidades desportivas, em especial a musculação. Nesta, os sintomas relacionados à lesão induzida pelo exercício estão presentes principalmente em indivíduos iniciantes, durante seu período de adaptação ao treinamento. Alguns autores (4, 5) preconizam um programa especial para esta fase inicial.

Neste sentido, têm-se como objetivos no presente estudo averiguar se a freqüência e a intensidade da dor muscular tardia e os níveis sangüíneos de creatina quinase são diferentes em relação ao tipo de treinamento em musculação. Explorar, também, a influência do espaçamento entre as séries de trabalho e a alternância dos grupos musculares como fatores determinantes no aparecimento da lesão induzida pelo exercício.

Material e Métodos

O estudo se caracteriza como ensaio randomizado, onde 40 jovens universitários masculinos da UNICAMP, com diferentes níveis de aptidão física, formaram dois grupos de 20 indivíduos. Manifestaram-se individualmente e por escrito de forma favorável à participação. Considerou-se como critério de exclusão do estudo a rea-

lização de qualquer tipo de atividade física sistemática concomitante.

Seguindo os princípios de ética na investigação científica, o trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP.

Após a alocação casual dos participantes, em dois grupos experimentais, um deles executando três séries de oito exercícios em forma de circuito, denominado Circuit Weight Training (CWT), no outro, três séries dos mesmos exercícios de maneira seqüencial, denominado Multiple Set System (MSS), os participantes foram submetidos ao teste de peso por repetição (4, 5) para determinação da carga máxima que o sujeito executaria em 15 repetições.

O grupo "Multiple Set System" realizou oito exercícios, com dois minutos de pausa entre as três séries previstas e entre as trocas dos exercícios. Para o grupo "Circuit Weight Training", os intervalos entre as séries foram de 30 segundos, tempo considerado a partir do proposto por Fleck e Kraemer (6).

Na seqüência, após o intervalo de tempo máximo possível entre os grupos musculares, considerou-se a seguinte ordem de aplicação dos exercícios: Supino, Rosca direta, Extensão das pernas na mesa romana, Flexão das pernas na mesa romana, Flexão plantar no "Leg Press", Desenvolvimento, Puxada no "Pulley", Flexão do tronco com as pernas flexionadas.

A dor muscular foi avaliada segundo procedimentos semelhantes aos descritos por Pyne et al. (7), os quais analisaram a dor tardia nas 24, 48 e 72 horas posteriores ao treinamento, e a creatina quinase, Franklin et al. (8), nos mesmos momentos.

Para cada grupo, à semelhança de Pyne et al. (9), avaliou-se a dor muscular em diferentes regiões corporais. Os participantes foram orientados para não realizar qualquer tipo de exercício durante o período de estudo e evitar qualquer tipo de medicamento, bem como outros procedimentos terapêuticos.

As amostras de creatina quinase foram obtidas coletando-se de cada participante 32 microlitros de sangue adicionados à fita reativa específica. O aparelho utilizado para medição do nível de CK foi o Reflotron, o mesmo usado por Pearce et al. (10), que mede a variação de cor que acontece durante a reação na fita reativa, por meio de esfera de Ulbrich.

Para a comparação dos dois grupos, nas variáveis antropométricas e exercícios físicos, foram utilizados os seguintes procedimentos: Teste t-Student para amostras independentes e teste de Mann-Whitney, segundo a aderência ou não à distribuição normal de probabilidades (11). O estudo da evolução da intensidade da dor muscular e da creatina quinase, considerando os dois grupos e os quatro momentos de avaliação, foi realizado pela técnica da análise de variância não-paramétrica para medidas repetidas (12).

As medidas descritivas de tendência central e variabilidade foram apresentadas em tabelas, juntamente com os respectivos resultados do teste inferencial. Quando o resultado do teste foi significativo, foram utilizadas letras latinas para indicar as diferenças expressas no contraste de interesse, conforme o seguinte procedimento: i) minúsculas, em vermelho, usadas na comparação dos grupos de treinamento, fixado o momento de avaliação; ii) maiúsculas, em preto, usadas na com-

paração dos momentos de avaliação dentro do grupo de treinamento.

Para interpretação destas letras, deve-se proceder da seguinte maneira: duas medidas descritivas seguidas de pelo menos uma mesma letra, de mesmo tipo (minúscula ou maiúscula), não diferem no nível de 5% de significância.

Resultados

Em relação à comparação dos grupos de estudo, segundo as variáveis antropométricas e idade, os resultados do teste estatístico não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$). Quanto ao número de repetições dos exercícios, o grupo CWT mostrou-se significativamente superior ($P < 0,05$) ao MSS nos exercícios supino, flexão de pernas e desenvolvimento. Na rosca, extensão de pernas, flexão plantar, puxada e flexão de tronco os resultados foram equivalentes ($P > 0,05$).

Tabela 1. Mediana e semi-amplitude total da creatina quinase e resultado do teste estatístico da comparação dos grupos e dos momentos da avaliação

Momento	Grupo de treinamento				Resultado do teste
	MSS		CWT		
Pré	88,25±122,95	A	87,10±96,75	A	$P > 0,05$
24h	371,00±597,50	b B	190,00±248,35	a B	$P < 0,005$
48h	800,00±609,10	b C	219,00±495,85	a C	$P < 0,0005$
72h	1300,00±631,40	b D	145,00±631,00	a AB	$P < 0,0001$
Resultado do teste	$P < 0,0001$		$P < 0,0001$		

Em relação à creatina quinase na corrente sanguínea, os resultados da Tabela 1 demonstram que os níveis do "MSS" foram significativamente ($P < 0,005$) maiores que os do "CWT", a par-

tir das 24 horas após o treinamento. Na análise temporal das coletas, verifica-se aumento progressivo ($P < 0,0001$) nos valores no primeiro grupo e um pico nas 48 horas no segundo.

Tabela 2. Síntese dos resultados das comparações entre grupos de treinamento segundo o momento de avaliação e região de dor.

Região de Dor	Logo após	Momento de Avaliação		
		24 h	48 h	72 h
Peitoral	NS	NS	NS	NS
Costas	NS	NS	NS	NS
Ombros	NS	NS	NS	NS
Braços (Anterior)	NS	NS	NS	NS
Braços (Posterior)	P<0,005	NS	NS	NS
Coxas (Anterior)	P<0,005	NS	NS	NS
Coxas (Posterior)	P<0,005	NS	P<0,05	P<0,05
Panturrilhas	NS	P<0,05	P<0,05	P<0,05
Abdominal	NS	NS	NS	NS

NS (P>0,05)

A Tabela 2 apresenta uma síntese dos resultados da comparação entre grupos de treinamento, revelando que o momento logo após o treinamento constitui-se como referência de significância estatística da dor. Na seqüência, aparecem em igual intensidade, 48 e 72 horas e, por fim, 24 horas. Além disso, destacam-se as regiões posteriores das coxas e panturrilhas como sendo os marcadores de diferenciação.

Discussão

Os resultados obtidos no presente estudo quanto aos indicadores de dor e, principalmente, as dosagens de CK sanguínea confirmam os dados preliminarmente apresentados no I Congresso Regional Sudeste do Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte (13), os quais mostraram o "Multiple Set System" mais lesivo que o "Circuit Weight Training". O aumento do tamanho amostral permitiu verificar que a dor tardia apresentou-se significativa (P<0,05) nas regiões das panturrilhas e posterior das coxas; como também sugerir as regiões peitoral, costas e posterior do braço como possíveis fontes de dor. Os achados exacerbados dessa sintomatologia, logo após o treinamento, que ocorreram nas regiões posterior do braço, anterior da coxa e posterior da coxa, são para Cleak e Easton (14) relacionados a um acúmulo de metabólitos ou isquemia. A partir de resultados similares aos

encontrados, Cook e Stewart (15) recomendam o "Circuit Weight Training" para iniciantes, pois consideram esse trabalho simples, rápido e eficiente.

Outro aspecto destacado nos dados experimentais consiste na relação entre o número de repetições realizadas e os indicadores de lesão observados nos dois grupos de treinamento. A capacidade de realizar as ações musculares previstas em cada série de exercício foi maior no CWT nos exercícios Supino, Rosca, Flexão de pernas, Desenvolvimento e Flexão do tronco; e no "Multiple Set System", nos exercícios de Flexão plantar e Puxada. A capacidade maior de trabalho demonstrada pela maior freqüência de repetições concluídas relaciona-se provavelmente a efeito favorável dos maiores tempos de repouso e aceleração na eliminação de metabólitos no "Circuit Weight Training". Ademais, o número total de repetições concêntricas/excêntricas foi maior neste treinamento e os sinais de lesão menores. Estas constatações apóiam uma possível existência de ação metabólica indutora de lesão, contrariamente, a uma ação mecânica.

Quanto aos resultados da variação temporal da dor tardia, indicando picos em 24 e 48 horas, estes se igualam às descrições de Armstrong (16) e Pyne (17).

Os mecanismos que levam o exercício a induzir lesão muscular foram revisados por Armstrong (16) e Armstrong et al. (2) e mencionados em duas teorias explicativas: i) indução direta

pela ação mecânica excêntrica e, ii) resultante de efeito tóxico de produtos residuais. Além disso, Duan et al. (18) e Armstrong et al. (2) acreditam que o elemento principal na indução da lesão muscular seria um aumento no cálcio intracelular. Armstrong (19) aponta para evidências de que uma perda na homeostase do cálcio seria capaz de ativar proteases cálcio-dependentes, denominadas calpains, que poderiam romper vários tipos de proteínas do citoesqueleto no músculo. Outros fatores podem também estar envolvidos na lesão celular, como aumento na atividade lisossomal e a produção de radicais livres (2, 20). A favor da hipótese metabólica, Friden e Lieber (21) acreditam que a fadiga nas fases iniciais do exercício produziria alteração nas fibras glicolíticas rápidas, com menor capacidade oxidativa, as quais, subseqüentemente por uma questão mecânica, romperiam-se. Além disso, Talag (7) observou a ocorrência de dor muscular tardia após ações musculares excêntricas, concêntricas e isométricas. Armstrong et al. (22) encontraram sinais de lesão em ratos após exercício em declive, aplane e plano. Nos estudos de Talag (7) e Armstrong et al. (22), sinais de microrrupturas estão presentes nas ações musculares consideradas menos solicitadas mecanicamente (concêntricas e isométricas) e o fato da ação excêntrica ser mais lesiva não exclui, nem explica a sua ocorrência nas outras formas de trabalho, com demanda energética relativamente mais reduzida.

Apresenta-se, no presente estudo, a hipótese metabólica como a principal explicação para a ocorrência de lesão muscular diferenciada nos dois tipos de treinamento. O grau de sobrecarga ao metabolismo durante o exercício está diretamente relacionado à duração e, em especial, à intensidade do esforço. Este estresse é reduzido pela utilização de intervalos de repouso intercalados com períodos de trabalho, porque essas pausas permitem recuperação orgânica.

Contrariamente a Franklin et al. (8) e Teague e Schwane (23), mostrou-se que a variação do repouso entre as contrações musculares afeta os sintomas resultantes das microrrupturas causadas pelo exercício.

Pode-se, também, conjecturar a respeito das causas da lesão ocorrer de maneira diferenciada nos dois tipos de métodos comparados, já que as variáveis relacionadas ao treinamento, carga de trabalho e exercícios escolhidos foram iguais para

os dois tipos de métodos estudados. São, portanto, duas as diferenças entre os treinamentos utilizados:

- i) tempo de repouso entre os grupos musculares trabalhados;
- ii) diferenças nas pausas entre os exercícios, sendo que no "Circuit Weight Training" os grupos musculares repousam ao mesmo tempo em que outros estão em atividade.

A pausa aumentada no "Circuit Weight Training" proporciona maior reposição energética. A restauração total das reservas de ATP requer de três a cinco minutos, e a de fosfocreatina oito minutos (6). Neste tipo de treinamento, a glicólise anaeróbia pode ser menos solicitada e ocorrer menor acúmulo de lactato nas séries consecutivas de exercício. Também, intervalos de recuperação mais longos são necessários para restabelecer o fluxo sanguíneo normal, remover o ácido láctico, repor as reservas energéticas e restabelecer a capacidade de produção de força (24). No estudo, em decorrência da alternância dos grupos musculares em ação, estes descansaram no "Circuit Weight Training" no mínimo 3,5 minutos, já no "Multiple Set System," a pausa foi de 2 minutos. Provavelmente, o tempo de repouso permitiu a reposição necessária para evitar grande déficit energético e, além disso, pode ter ocorrido aceleração nesta reposição, por efeito favorável da pausa ativa.

A alternância dos grupos musculares no "Circuit Weight Training" com pausas de 30 segundos entre uma série e outra pode provocar manutenção da frequência cardíaca em níveis elevados, e desta forma, causar uma maior eliminação dos metabólitos intramusculares por aumento na circulação sanguínea.

Para Pyne (9), o estresse metabólico ou mecânico induzido pelo exercício pode ocorrer separadamente ou associado. A contribuição de ambos ao dano muscular depende da natureza da atividade empreendida. Muitos fatores podem contribuir na lesão induzida pelo exercício, e é possível que diferentes tipos de exercício (concêntrico x excêntrico; alta carga e baixas repetições x baixa carga e altas repetições) possam ter diferentes mecanismos que induzam lesão ao músculo (25). Concordando com esses autores, pode-se concluir que os vários tipos de protocolo de trabalho podem induzir à lesão muscular, tendo como causa

fatores diferentes. Porém, os resultados encontrados apontam para uma relação causal metabólica indutora de lesão. Admiti-se como necessária a mensuração de outros parâmetros, como os de estresse oxidativo e de análise do pH para se obter maiores informações relativas às alterações do meio intracelular em nosso procedimento.

Conclusão

No estudo da relação entre o tipo de treinamento e a dor muscular tardia e a creatina quinase como parâmetros indicativos de lesão, os resultados revelam que o "Circuit Weight Training" demonstrou ser menos lesivo que o "Multiple Set System". Desta forma, apresenta-se como uma opção desejável para os iniciantes como parte do programa de adaptação. No protocolo de treinamento utilizado, talvez uma alteração no pH intracelular possa apresentar-se como possível fator causal, podendo, ainda, estar associado a estresse oxidativo e alteração na cinética do cálcio intracelular.

Referências

1. Soares JMC, Duarte JAR. Miopatia do exercício: etiologia, fisiopatologia e factores de prevenção. **Rev Port Desp** 1989; 7:187-200.
2. Armstrong RB, Warren GL, Warren JA. Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. **Sports Med** 1991; 12:184-207.
3. Barclay JK, Hansel M. Free radicals may contribute to oxidative skeletal muscle fatigue. **Can J Physiol Pharm** 1991; 69:279-284.
4. Bittencourt N. **Musculação: uma abordagem metodológica**. Rio de Janeiro: Sprint; 1986.
5. Rodrigues CEC. **Musculação na academia**. Rio de Janeiro: Sprint; 1990.
6. Fleck SJ, Kraemer WJ. **Designing Resistance Training Programs**. Champaign, IL: Human Kinetics; 1997.
7. Talag TS. Residual muscular soreness as influenced by concentric, eccentric, and static contractions. **Res Q** 1973; 44:458-469.
8. Franklin ME, Currier DP, Smith ST, Mitts KK, Werrell LM, Chenier TC. Effect of varying the ratio of eccentrically induced muscle contraction time to rest time on serum creatine kinase and perceived soreness. **J Orthop Sports Phys Ther** 1991; 13:310-315.
9. Pyne D, Baker MS, Telford RD, Weidemann MJ. A treadmill protocol to investigate independently the metabolic and mechanical stress of exercise. **Aust J Sci Med Sport** 1997; 29:77-82.
10. Pearce AJ, Sacco P, Byrnes ML, Thickbroom GW, Mastaglia F. The effects of eccentric exercise on neuromuscular function of the biceps brachii. **J Sci Med Sports** 1998; 1:236-244.
11. Norman GR, Streiner DL. **Bioestatics-the base essentials**. St. Louis: Mosby-Year Book; 1994.
12. Siegel S, Casstellan JRNJ. **Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 1988.
13. Almeida E, Gonçalves A, Padovani Cr, El-Khatib S. Creatina quinase e dor muscular tardia na musculação em circuito e alternada por segmento: dados exploratórios de um programa de ensino e pesquisa na faculdade de educação física/UNICAMP. In: I CONGRESSO REGIONAL SUDESTE DO COLÉGIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO ESPORTE. Campinas, 1999 Abr. 9-11; **Anais...** Campinas: Editora da UNICAMP
14. Cleak MJ, Eston RJ. Delayed onset muscle soreness: mechanisms and management. **J Sports Sci** 1992; 10:325-341.
15. Cook BB, Stewart GW. **Strength Basics: Your guide to resistance training for health and optimal performance**. Champaign: Human Kinetics; 1996.
16. Armstrong RB. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Med Sci Sports Exerc** 1984; 16:529-538.
17. PYNE D. Exercise induced muscle damage and inflammation: a review. **Aust J Sci Med Sport** 1994; 26:49-58.

18. Duan C, Delp MD, Hayes DA, Delp PD, Armstrong RB. Rat skeletal muscle mitochondrial [Ca²⁺] and injury from downhill walking. **J Appl Physiol** 1990; 68:1241-1251.
19. Armstrong RB. Initial events in exercise-induced muscular injury. **Med Sci Sports Exerc** 1990; 22:429-435.
20. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise induced muscle damage and adaptation. **Sports Med** 1989; 7:207-234.
21. Friden J, Lieber RL. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. **Med Sci Sports Exerc** 1992; 24:521-530.
22. Armstrong Rb, Ogilvie Rw, Schwane Ja. Excentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. **J Appl Physiol** 1983; 54:80-93.
23. Teague BN, Schwane JA. Effect of intermittent eccentric contractions on symptoms of muscle microinjury. **Med Sci Sports Exerc** 1995; 27:1378-1384.
24. Kraemer WJ, Noble BJ, Clark MJ, Culver BW. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with short rest periods. **Int J Sports Med** 1987; 8:247-252.
25. Macintyre DL, Reid WD, Mckenzie DC. Delayed muscle soreness: The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. **Sports Med** 1995; 20:24-40.

Recebido em: 27/03/2006
Received in: 03/27/2006

Aprovado em: 26/04/2006
Approved in: 04/26/2006

