

# VARIAÇÃO DA ACTIVIDADE NEUROMUSCULAR, DA FORÇA ISOMÉTRICA MÁXIMA VOLUNTÁRIA E DA CREATINA QUINASE APÓS EXERCÍCIO EXAUSTIVO E INABITUAL DO TIPO CONCÊNTRICO

Tiago Barbosa, Pedro Magalhães, Vítor Pires Lopes

Instituto Politécnico de Bragança

## INTRODUÇÃO

O exercício físico inabitual e/ou exaustivo induz alterações estruturais, ultra-estruturais e bioquímicas de carácter focalizado e reversível (Duarte, 1993; Mota, 1995; Magalhães, 1996; Magalhães, 2000). Estas alterações mais não são que uma patologia denominada por Miopatia do exercício.

Para mais, encontram-se descritas na literatura diversas evidências indirectas da miopatia do exercício, como sejam, a sensação retardada do desconforto muscular, a força muscular produzida, o volume dos grupos musculares exercitados, a amplitude articular e as concentrações sanguíneas de determinadas proteínas musculares, como por exemplo, a creatina quinase (Duarte, 1993; Mota, 1995; Magalhães, 1996; Magalhães, 2000). Ou seja, parece existir já alguma produção no sentido de tentar compreender os processos subjacentes à patologia em causa.

Todavia, as repercussões a nível neuromuscular não parecem estar completamente esclarecidas (Enoka, 1988; Moritani et al., 1988; Nakazawa et al., 1993; Day et al., 1998; McHugh et al., 2000).

Assim, o objectivo deste estudo foi comparar a variação da actividade neuromuscular, da produção de força isométrica máxima voluntária e da creatina quinase nas 72 horas imediatamente após a realização de um exercício exaustivo do tipo concêntrico.

## METODOLOGIA

### Amostra

A amostra foi constituída por 8 sujeitos do sexo masculino clinicamente saudáveis e destreinados ( $21.0 \pm 2.0$  anos de idade;  $171.7 \pm 5.9$ cm de estatura;  $66.150 \pm 9.606$ kg de massa corporal). Todos os indivíduos antes de darem o seu consentimento para participarem no estudo foi-lhes explicado o objectivo do mesmo e os procedimentos a que estariam sujeitos.

### Protocolo experimental

O protocolo consistiu na execução de um exercício de elevação de um haltere com uma resistência de 70% de uma repetição máxima, através da flexão do antebraço sobre o braço até à exaustão, com os dois membros superiores. Para tal, cada indivíduo que constituiu a amostra foi

auxiliado por dois sujeitos colocados nas extremidades do haltere e que realizavam o movimento oposto. O exercício foi executado com os elementos da amostra sentados, com os dois braços encostados a um apoio existente para o efeito, na sua região posterior. Desta forma, foi possível eliminar hipotéticas contracções parasitas, não directamente envolvidas na execução do exercício. Para controlar a velocidade de execução, os sujeitos acompanhavam o ritmo marcado por um metrónomo, realizando uma repetição em cada dois segundos. Quando o indivíduo não fosse capaz de acompanhar o ritmo estipulado, era-lhe conferida uma pausa de 30 segundos. O protocolo era dado como terminado quando o sujeito demonstrasse uma manifesta incapacidade de realizar mais de duas repetições, acompanhando o ritmo indicado, durante três séries consecutivas.

### **Parâmetros estudados**

Todos os parâmetros foram avaliados antes da aplicação do protocolo experimental (Tr), imediatamente após o seu término (T0), após 1 hora (T1), após 3 horas (T3), após 24 horas (T24), após 48 horas (T48) e após 72 horas (T72). Foi colocado um eléctrodo bipolar (TSD 150A da *Biopac Systems Inc.*) no bíceps braquial de um dos membros superiores. Antes da sua aplicação, a pele nessa área foi preparada e limpa. No local onde foi colocado o eléctrodo foram realizadas pequenas tatuagens temporárias tendo em vista a colocação do eléctrodo no mesmo local nos diversos momentos de avaliação, tal como sugerem Hakkinen e Komi (1983) e Hakkinen et al. (1988). O eléctrodo de referência foi colocado no acrómio do mesmo lado do bíceps braquial analisado. Utilizou-se um amplificador diferencial com uma impedância de entrada de 2megaohms, um ganho de 1000, uma banda passante entre os 15 e os 450Hz e uma rejeição do modo comum do amplificador de 90dB. O sinal electromiográfico foi tratado no aplicativo *AcqKnowledge* v. 3.5.3. da *Biopac Systems Inc.* Determinou-se a amplitude do sinal electromiográfico (aEMG) após o sinal ter sido rectificado. Foi calculada a transformada de Fourier, obtendo-se a mediana de frequência (MF). Também foi avaliada a força isométrica máxima voluntária (FIMV), através de um dinamómetro TSD121C da *Biopac Systems Inc.* A recolha deste parâmetro fez-se com os indivíduos sentados, com a região posterior do braço encostado no apoio e fazendo um ângulo relativo de aproximadamente 90° com o antebraço, estando este na horizontal. O sujeito realizava uma contracção isométrica, procurando elevar uma barra que se encontrava fixa nas suas extremidades por correntes, as quais estavam presas no dinamómetro e este a um apoio no solo. A recolha dos dados de FIMV foi realizada simultaneamente com a aquisição do sinal electromiográfico. Foi recolhido sangue capilar e avaliada a actividade plasmática da creatina quinase (CK) através de um *Refreton Analyser* da *Boehringer Mannheim*. Todos os dados foram relativizados com base nos valores antes da aplicação do protocolo, permitindo conhecer a percentagem de variação de cada variável.

### **Tratamento estatístico**

Para o tratamento estatísticos dos dados foram determinadas as estatísticas descritivas média e desvio padrão. Para a comparação dos parâmetros estudados entre momentos utilizou-se a ANOVA "medidas repetidas" ( $p < 0.05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

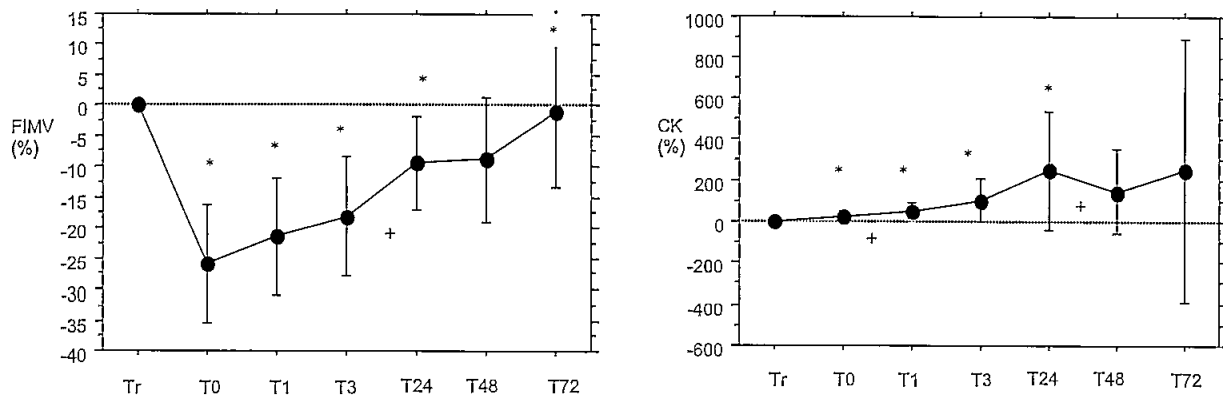
Existem diversas variáveis fisiológicas que são habitualmente utilizadas enquanto indicadores do nível de lesão induzida pelo exercício físico exaustivo e/ou inabitual. De entre essas variáveis a FIMV e a CK são duas das mais utilizadas (Armstrong et al., 1991; Magalhães, 2000). Assim sendo, no presente estudo estes dois parâmetros foram adoptados com o intuito de determinar se o protocolo aplicado permitiu submeter os sujeitos pertencentes à amostra à patologia indicada.

A Figura 1 apresenta as variações dos indicadores de lesão muscular estudados, entre os diferentes momentos de avaliação, ou seja, a FIMV e a CK.

A FIMV apresentou valores significativamente inferiores em T0 [F(1;7)= 58.393, p= 0.0001], T1 [F(1;7)=41.475, p=0.0004], T3 [F(1;7)=28.095, p=0.0011], T24 [F(1;7)=12.252, p=0.0100] e T48 [F(1;7)=6.149, p=0.0422] do que em Tr. Também observaram-se diferenças significativas entre T3 e T24 [F(1;7)=6.306, p=0.0403], sendo os valores médios significativamente superiores em T24. Na verdade, diversos estudos também verificaram diminuições acentuadas da FIMV após a aplicação de um protocolo deste género; não obstante usualmente se verificarem diminuições bem mais acentuadas no caso da realização de contracções excêntricas (Armstrong et al., 1991; Faulkner et al., 1993; MacIntyre et al., 1996; Soares et al., 1996). Esta diminuição parece resultar devido quer a alterações metabólicas – particularmente imediatamente após o término do exercício – quer à lesão muscular (Armstrong et al., 1991). Parece assim difícil do ponto de vista experimental fazer uma distinção clara entre a contribuição da fadiga muscular e dos mecanismos de lesão, na diminuição da FIMV (Armstrong et al., 1991).

Por sua vez, a CK apresentou valores significativamente superiores em T0 [F(1;7)=11.203, p=0.0123], T1 [F(1;7)= 14.935, p=0.0062] T3 [F(1;7)=7.683, p=0.0276] e T24 [F(1;7)=5.846, p=0.0462] do que em Tr; Também observaram-se diferenças significativas entre T0 e T1 [F(1;7)=17.266, p=0.0043] e entre T24 e T48 [F(1;7)=6.233, p=0.0412]. O exercício físico agressivo induz a libertação de CK dos tecidos musculares para a corrente sanguínea (Ebbeling e Clarkson, 1989; Armstrong, 1990). Com efeito, parece que essa libertação terá um aparecimento tardio, tal como se verifica no presente estudo, onde o seu pico máximo ocorrerá aproximadamente em T24. A razão para tal fenómeno residirá no facto do transporte da CK ser realizada pela circulação linfática (Newham et al., 1987; Ebbeling e Clarkson, 1989). Um dos problemas tradicionalmente referidos com esta variável consiste na acusação da ocorrência de uma grande variabilidade inter-individual (Newham et al., 1987; Ebbeling e Clarkson, 1989; Armstrong, 1990; Clarkson et al., 1992). Na verdade, esse mesmo fenómeno foi observado no presente estudo, dado que é possível verificar a ocorrência de um elevado valor do desvio-padrão, principalmente a partir de T24. Clarkson et al. (1992) adiantam como explicação para tal a capacidade que alguns sujeitos tem de remover mais rapidamente a CK, do que outros.

Em síntese, aparentemente os sujeitos estudados apresentavam fortes evidências de que se encontravam sobre lesão muscular induzida por exercício exaustivo e inabitual. Assim sendo, procurou-se conhecer as repercussões dessa patologia em termos neuromusculares.



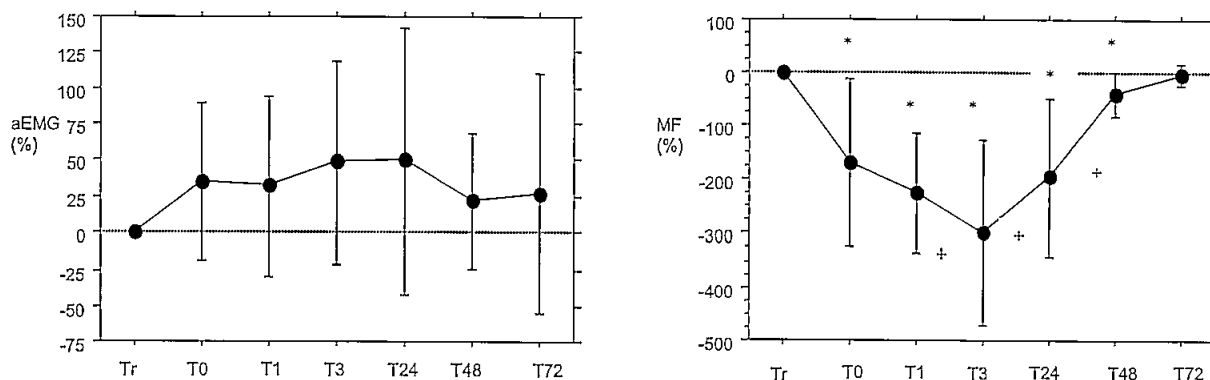
\*  $p < 0.05$  entre dado momento e a situação pré-protocolo  
 + $p < 0.05$  entre dois momentos de avaliação consecutivos

Figura 1. Variações dos indicadores de lesão muscular estudados, entre os diferentes momentos de avaliação. FIMV – Força isométrica máxima voluntária; CK – creatina quinase.

A Figura 2 apresenta as variações dos parâmetros electromiográficos estudados, entre os diferentes momentos de avaliação.

A aEMG não apresentou diferenças significativas ao longo das 72h. Todavia, verifica-se que os valores foram em todos os momentos superiores a Tr. Com efeito, Saxton e Donnelly (1996), bem como McHugh et al. (2000) ao realizarem estudos similares verificaram que a actividade neuromuscular não apresentou variações significativas entre os diversos momentos de avaliação. No presente estudo, os valores observados denotarão a ocorrência de um ligeiro aumento da actividade neuromuscular, hipoteticamente decorrente da lesão. Este aumento terá por sua vez como intuito atenuar a redução da resposta mecânica do músculo (Potvin, 1997; Potvin e Bent, 1997; Kent-Braun, 1999; McHugh et al., 2000).

Finalmente, a MF apresentou valores significativamente inferiores em T0 [ $F(1;7)=9.400$ ,  $p=0.0182$ ], T1 [ $F(1;7)=34.068$ ,  $p=0.0006$ ], T3 [ $F(1;7)=24.277$ ,  $p=0.0017$ ], T24 [ $F(1;7)=14.554$ ,  $p=0.0066$ ] e T48 [ $F(1;7)=7.499$ ,  $p=0.0290$ ] do que em Tr. Além do mais, T1 foi significativamente superior a T3 [ $F(1;7)=6.138$ ,  $p=0.0424$ ] e T3 foi significativamente inferior a T24 [ $F(1;7)=6.002$ ,  $p=0.0441$ ]. Analisando a parca literatura, verifica-se que os dados não parecem ser consensuais. Quer Saxton e Donnelly (1996), quer McHugh et al. (2000) não observaram diferenças significativas na MF entre os diversos momentos de avaliação. Todavia, Day et al. (1998), descrevem uma diminuição significativa da MF nos dias subsequentes à aplicação de um protocolo exaustivo e/ou inabitual para os membros inferiores. Ou seja, as diminuições da MF verificadas no presente trabalho e por Day et al. (1998) significam um aumento das componentes de baixas frequências e uma diminuição das componentes de altas frequências. Isto poderá dever-se a diversos factores, entre eles, o padrão de recrutamento sincronizado das unidades motoras, a diminuição da velocidade de condução do potencial de acção, bem como da passagem de dominância de recrutamento de fibras tipo II para fibras do tipo I (Pezzarat et al., 1993). Na verdade, devido ao tipo de exercício aplicado no protocolo ter uma influencia predominante de fibras tipo II, estas poderão ter sido mais lesadas, o que leva a que nas avaliações pós-protocolo se verifique uma tendência para se recrutar predominantemente fibras tipo I, como sugere Enoka (1988).



\* p < 0.05 entre dado momento e a situação pré-protocolo

+p < 0.05 entre dois momentos de avaliação consecutivos

Figura 2. Variações dos parâmetros electromiográficos estudados, entre os diferentes momentos de avaliação. aEMG – amplitude do sinal electromiográfico; MF – Mediana de frequência.

## CONCLUSÕES

Em síntese, pode-se concluir que: (i) a FIMV apresentou valores significativamente inferiores em T0, T1, T3, T24 e T48 do que em Tr; (ii) a CK apresentou valores significativamente superiores em T0, T1, T3 e T24 do que em Tr; (iii) a aEMG não apresentou diferenças significativas ao longo das 72h; (iv) a MF apresentou valores significativamente inferiores em T0, T1, T3, T24 e T48 do que em Tr.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armstrong, R. (1990). Initial events in exercise-induced muscular injury. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22, 429-435.
- Armstrong, R.; Warren, G. & Warren, J. (1991). Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. *Sports Med.*, 12, 184-207.
- Clarkson, P.; Nosaka, K & Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24, 512-520.
- Day, S.; Donnelly, A.; Brown, S. & Child, R. (1998). Electromyogram activity and mean power frequency in exercise-damage human muscle. *Muscle and Nerve*, 21, 961-963.
- Duarte, J. (1993). Lesões celulares do músculo esquelético induzidas pelo exercício físico. Tese de Doutoramento. Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.
- Ebbeling, C & Clarkson, P. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med.*, 7, 207-234.
- Enoka, R. (1988). *Neuromechanical basis of Kinesiology*. Human Kinetics. Champaign, Illinois.
- Faulkner, J. Brooks, S. & Opitck, J. (1993). Injury to skeletal muscle fibres during contractions: conditions of occurrence and prevention. *Phys. Ther.*, 73, 911-921.

- Hakkinen, K. & Komi, P. (1983). Electromyographic changes during strength training and detraining. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 15, 455-460.
- Hakkinen, K.; Komi, P.; Alén, M. & Kauhanen, H. (1988). EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1 year training period in elite weight-lifters. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 56, 419-427.
- Kent-Braun, J. (1999). Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 80, 57-63.
- MacIntyre, D.L., Reid, W.D., Lyster, D.M., Szasz, I.J., & McKenzie, D.C. (1996). Presence of WBC, decreased strength, and delayed soreness in muscle after eccentric exercise. *J. Appl. Physiol.*, 80, 1006-1013.
- Magalhães, J. (1996). Exercícios físicos inabituais e exaustivos em crianças. Influência do tipo predominante de contrações em indicadores indirectos de stress oxidativo e de agressão/lesão muscular esquelética. Tese de Mestrado. Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.
- Magalhães, P. (2000). Alterações hematológicas agudas induzidas por diferentes protocolos de exercício físico exaustivo e inabitual. Tese de Mestrado. Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.
- McHugh, M., Connolly, D., Eston, R., & Gleim, G. (2000). Electromyographic analysis of exercise resulting in symptoms of muscle damage. *J. Sports Science*, 18, 163-172.
- Moritani, T; Muramatsu, S & Muro, M. (1988). Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. *Am. J. Phy. Med.*, 66, 338-350.
- Mota, P. (1995). Estudo comparativo dos indicadores indirectos de lesão muscular induzidas pelo exercício em crianças e adultos. Tese de Mestrado. Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.
- Nakazawa, K.; Kawakami, Y.; Fukunaga, T.; Yano, H. & Miyashita, M. (1993). Differences in activation patterns in elbow flexor muscles during isometric, concentric and eccentric contractions. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 66, 214-220.
- Newham, D.J., Jones, D.A., & Clarkson, P.M. (1987). Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *J. Appl. Physiol.*, 63, 1381-1386.
- Pezzarat Correia, P., Mil-Homens, P., & Veloso, A. (1993). *Electromiografia. Fundamentação fisiológica. Métodos de recolha e processamento. Aplicações cinesiológicas*. Lisboa: Edições da Faculdade de Motricidade Humana.
- Potvin, J. (1997). Effects of muscle kinematics on surface EMG amplitude and frequency during fatiguing dynamic contractions. *J. Appl. Physiol.*, 82, 144-151.
- Potvin, J., & Bent, L. (1997). A validation of techniques using surface EMG signals from dynamic contractions to quantify muscle fatigue during repetitive tasks. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 7, 131-139.
- Saxton, J. & Donnelly, A. (1996). Length-specific impairment of skeletal muscle contractile function after eccentric muscle actions in man. *Clinical Sci.*, 90, 119-125.
- Soares, J.; Mota, P.; Duarte, J. & Appell, H.J. (1996). Children are less susceptible to exercise-induced muscle damage than adults: a preliminary investigation. *Pediat. Exerc. Sci.*, 8, 361-367.