

## EFEITOS DO CICLISMO NA RIGIDEZ DO SISTEMA MASSA-MOLA DA CORRIDA EM TRIATLETAS

Rodrigo Gomes da Rosa<sup>1</sup>  
Henrique Bianchi Oliveira<sup>2</sup>  
Natalia Andrea Gomeñuka<sup>2,3</sup>  
Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga<sup>4</sup>

*PALAVRAS-CHAVE: triatlo; cinemática; locomoção; biomecânica.*

### INTRODUÇÃO

O triatlo é um esporte complexo formado por três modalidades: natação, ciclismo e corrida, que são realizados nessa sequência. Os principais propulsores do ciclismo assim como da corrida são os membros inferiores. Com isso, após o ciclismo, a corrida do triatleta pode ter alterações biomecânicas influenciando o desempenho durante o treinamento e a competição (CONNICK; LI, 2015 p.35).

Os parâmetros biomecânicos auxiliam na compreensão da economia de corrida durante a locomoção e são determinantes de desempenho (TARTARUGA *et al.*, 2012, p.368). Recentemente foi encontrado um aumento na amplitude articular do tornozelo e do quadril e menor comprimento de passada após dez minutos de corrida com ciclismo prévio, e sugerem que o controle locomotor da corrida é afetado após a transição advinda da realização de ciclismo prolongado (CONNICK; LI, 2015, p.36).

Contudo, a corrida pode ser representada por um modelo físico-matemático denominado massa-mola, no qual, em cada passo ocorre o ciclo de alongamento-encurtamento das unidades músculo-tendão com uma recuperação de energia mecânica durante a oscilação vertical do sistema (CAVAGNA; KANEKO 1977p. 468; BLICKHAN 1989, p. 1217; MCMAHON; CHENG 1990, p.66; FARLEY; GONZÁLES 1996, p.182). É possível estimar a rigidez desta mola por meio de parâmetros como a rigidez vertical do sistema massa-mola ( $K_{vert}$ ) e a rigidez vertical do membro inferior ( $K_{leg}$ ) e com isso estimar a energia elástica durante a corrida (FARLEY; GONZÁLES, 1996, p.182, MORIN *et al.*, 2005, p.168).

Em estudo com triatletas de nível internacional, não foi encontrada diferença em  $K_{leg}$  e  $K_{vert}$  durante os 10 km de corrida, em uma prova de triatlo (LE MEUR *et al.*, 2013, p.749). Entretanto, a comparação foi realizada entre diferentes etapas dos 10 km, não sendo possível analisar o efeito isolado do ciclismo na rigidez do sistema massa mola. Ainda, são pouco exploradas essas variáveis para compreensão dos mecanismos que contribuem para o desempenho da corrida após o ciclismo.

### OBJETIVO

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de um protocolo de ciclismo estacionário na rigidez do sistema massa-mola durante um teste de corrida em velocidade constante em triatletas de nível médio comparado a corrida sem ciclismo prévio.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Participaram deste estudo 14 triatletas, do sexo masculino (MD  $\pm$  DP: idade = 30  $\pm$  5 anos, massa corporal = 74,2  $\pm$  6,8 kg, estatura = 179,1  $\pm$  7,3 cm,  $VO_{2max}$  = 65,3  $\pm$  2,7 ml.kg<sup>-1</sup>).



<sup>1</sup>.1min<sup>-1</sup>). O tempo de prática é de triatlo de  $6,8 \pm 3,0$  anos, com um volume de treino semanal (km) de ciclismo:  $260 \pm 40$ ; de corrida:  $43 \pm 9$ ; de natação:  $11 \pm 3$ . O cálculo amostral (Winpepi 4.0) foi adotado o nível de significância de 0,05 e um poder de 90% e com base nos estudos de Millet et al. (2000, p. 130), Rabita et al. (2011, p. 687) e Le Meur et al. (2013, p. 750). O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da UFRGS com número de registro: 579.277 e se caracteriza como pesquisa ex-post-facto, com modelo descritivo comparativo de corte transversal.

Cada sujeito realizou quatro testes em dias diferentes, com um intervalo de no mínimo 72 horas entre cada teste. Nas duas primeiras visitas, foram realizados os testes máximos de corrida e ciclismo que serviram para determinar a potência do ciclismo prévio à corrida e a velocidade do teste de economia de corrida.

Após, os sujeitos realizaram dois testes de corrida na esteira em velocidade constante (20min a 14km.h<sup>-1</sup>) um teste sem ciclismo prévio, e outro após pedalar durante 30min a 80% da potência do segundo limiar ventilatório. Durante a corrida foram coletados os dados cinemáticos necessários para o cálculo dos parâmetros do sistema massa-mola durante quatro momentos do teste.

Foi realizada estatística descritiva, o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para análise da normalidade dos dados e o teste de Levene para homogeneidade. Foi utilizado o teste t pareado para comparar a rigidez sem e com ciclismo prévio para cada momento e ANOVA one-way para comparar os quatro momentos do teste de economia de corrida. O índice de significância adotado foi de  $\alpha=0,05$  e processados no pacote estatístico SPSS versão 17.0.

## RESULTADOS

Os parâmetros de rigidez do sistema ( $K_{\text{vert}}$ ) e rigidez do membro inferior ( $K_{\text{leg}}$ ) não apresentaram diferenças ( $p>0,05$ ) quando comparado os momentos durante corrida com e sem ciclismo prévio.

No final da corrida com ciclismo prévio foram encontrados menores valores de  $K_{\text{leg}}$  (7,08 e 8,25 KN.m<sup>-1</sup>) e  $K_{\text{vert}}$  (20,17 e 24,44 KN.m<sup>-1</sup>) comparados a corrida isolada ( $p<0,05$ ), demonstrando a influência do ciclismo na rigidez do sistema massa-mola da corrida em triatletas de nível médio.

## DISCUSSÃO

No presente estudo, ao final do teste de corrida com ciclismo prévio foram encontrados menores valores de rigidez comparados à corrida isolada. Essa alteração mecânica pode conduzir a uma manutenção da eficiência mecânica comparada à corrida executada de forma isolada, demonstrando um fator de adaptação positivo dos triatletas ao ciclismo anterior. Estudos que avaliaram a corrida ao longo de um período mais longo, por exemplo, 5h de corrida (DEGACHE et al., 2012, p. 302) e 24h (MORIN et al., 2011, p. 171) encontraram aumento em  $K_{\text{leg}}$  e  $K_{\text{vert}}$  ao final da corrida, essas alterações podem ser interpretadas como uma técnica mais “suave” com uma diminuição da oscilação vertical do sistema massa-mola.

Em estudo comparando o comportamento do sistema massa-mola em quatro momentos durante a corrida de 10km em uma prova de triatlo  $K_{\text{leg}}$  e  $K_{\text{vert}}$  do 1º até o 3º momentos diminuíram e no 4º momento houve um aumento desses parâmetros, esse comportamento está ligado a alteração da velocidade que ocorreu ao longo da prova (LE MEUR et al., 2013, p. 752). No presente estudo, onde a velocidade foi constante, em uma



faixa de intensidade controlada o fator tempo de corrida não alterou a rigidez do sistema massa-mola.

## CONCLUSÃO

A rigidez do sistema massa-mola na corrida diminui após o ciclismo em triatletas de nível médio ao final da corrida. O que demonstra uma adaptação específica para tais atletas para controle da mecânica de locomoção e assim da manutenção da economia de movimento.

## REFERÊNCIAS

- BLICKHAN The spring-mass model for running and hopping. **Journal of biomechanics** v. 22, n.22, p. 1217-27, abr. 1989.
- CAVAGNA, G.; KANEKO, M. Mechanical work and efficiency in level walking and running. **The Journal of physiology**, v. 268, n. 2, p. 467-81, Jun. 1977.
- CONNICK MJ, LI FX. Prolonged cycling alters stride time variability and kinematics of a post-cycle transition run in triathletes. **J Electrom. Kinesiol**, v. 25, n. 1 p. 34-9, fev. 2015.
- DEGACHE, F. et al. Changes in running mechanics and spring-mass behaviour induced by a 5-hour hilly running bout. **Journal of sports sciences**, v. 31, n. 3, p. 299-304, 2 jan. 2013.
- FARLEY, C. T.; GONZÁLEZ, O. Leg stiffness and stride frequency in human running. **Journal of biomechanics**, v. 29, n. 2, p. 181-6, 4 fev. 1996.
- LE MEUR, Y. et al. Spring-Mass Behaviour during the Run of an International Triathlon Competition. **International journal of sports medicine**, v. 34, n. 8, p. 748-55, 4 ago. 2013.
- MCCMAHON, T. A.; CHENG, G. C. The mechanics of running: how does stiffness couple with speed? **Journal of biomechanics**, v. 23 Suppl. 1, p. 65-78, 1 jan. 1990.
- MILLET, G. P. et al. Alterations in running economy and mechanics after maximal cycling in triathletes: influence of performance level. **International journal of sports medicine**, v. 21, n. 2, p. 127-32, 2 fev. 2000.
- MORIN, J. B. et al. A simple method for measuring stiffness during running. **Journal of applied biomechanics**, v. 21, n. 2, p. 167-80, mai. 2005.
- MORIN, J.-B. B.; SAMOZINO, P.; MILLET, G. Y. Changes in running kinematics, kinetics, and spring-mass behavior over a 24-h run. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 43, n. 5, p. 829-36, mai. 2011.
- RABITA, G. et al. Changes in spring-mass behavior and muscle activity during an exhaustive run at  $VO_{2max}$ . **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 43, n. 14, p. 685-92, abr. 2011.
- TARTARUGA, M. P. et al. The Relationship Between Running Economy and Biomechanical Variables in Distance Runners. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 83, n. 3, p. 367-75, set. 2012.

## FONTE DE FINANCIAMENTO

Este trabalho foi financiado pela CAPES e FAPERGS.

<sup>1</sup> Mestre em Ciências do Movimento Humano, UFRGS, rodrigogomesdarosa@gmail.com.

<sup>2</sup> Graduado em Educação Física, UFRGS, henriquebianchi30@gmail.com.

<sup>3</sup> Mestre em Ciências do Movimento Humano, UFRGS, natyg2412@gmail.com.

<sup>4</sup> Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, UFRGS, leonardo.tartaruga@ufrgs.br.