



Treinamento de Força para Atletas de Elite em Provas de Endurance

Resistance Training for Elite Athletes in Endurance Events

Charles Ricardo Lopes¹
Márcio Antônio Gonçalves Sindorf²
Gustavo Ribeiro da Mota³
Marcelo de Castro Cesar⁴

1. Mestre e Doutor em Biodinâmica do Movimento Humano – UNICAMP. Professor e Pesquisador do Curso de Mestrado em Movimento Humano e Esporte da Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Piracicaba/SP.
2. Bacharel e Licenciado em Educação Física - UNIMEP. Aluno de Iniciação Científica, Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Piracicaba/SP.
3. Mestre e Doutor em Ciências da Motricidade, UNESP. Pesquisador em Ciências do Esporte – Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba/MG.
4. Doutor em Ciências, UNIFESP. Professor e Pesquisador do Curso de Mestrado em Movimento Humano e Esporte da Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Piracicaba/SP.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi revisar trabalhos que investigaram os efeitos do treinamento de força (TF) para o desempenho de *endurance*. Os principais fatores fisiológicos determinantes das provas de *endurance* (PE) são o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), o limiar anaeróbio (LAn) e a economia de movimento (EM). Ambos VO_{2max} e LAn são bem estimulados com meios e métodos tradicionais de treinamento e essas duas variáveis parecem ser pouco sensíveis ao TF em pessoas treinadas. Por outro lado, a EM pode ser aperfeiçoada com o TF, mesmo em indivíduos bem treinados em *endurance*. Portanto, concluímos que o TF colabora para a melhora na *endurance*, por meio do incremento da EM, e esses resultados sugerem mudança de paradigma na periodização do treinamento de PE.

Palavras chave: fundistas; treinamento de potência; exercícios com pesos; performance.

ABSTRACT

The aim of this study was to review studies that analyzed the effects of resistance training (RT) on endurance performance. The main physiological determinants of endurance events is the maximal oxygen uptake (VO_{2max}), anaerobic threshold (AT) and economy of movement (EM). Both, VO_{2max} and AT, are very encouraged with the means and traditional methods of training and these two variables appear to be few sensitive to people already trained in RT. On the other hand, EM can be improved with the RT even in endurance-trained individuals. Therefore, we conclude that RT contributes to the improvement in endurance, through the increase in EM, and these results suggest a paradigm shift in periodization training of endurance events.

Key words: distance runners; power training; resistance training; performance.

Correspondência:

Charles Ricardo Lopes
Faculdade de Ciências da Saúde – UNIMEP
Piracicaba-SP, Brasil
CEP: 13400-911
Fone: (19) 31241503
E-mail: chrlopes@unimep.br

INTRODUÇÃO

Provas de *endurance* (PE), como corridas de rua, tornaram-se comuns em várias partes do mundo, e a cada dia cresce o interesse por essas práticas. Inerente a esse crescimento, é natural que as pessoas interessadas nessa modalidade busquem aperfeiçoar o planejamento do treinamento com o propósito de melhorar o rendimento. Apesar disso, de maneira equivocada, muitos atletas/técnicos amadores e/ou profissionais acreditam que somente a prática da corrida pode proporcionar um melhor desempenho em PE.

É indubitável que a utilização da própria corrida como meio de treinamento é apropriada para a melhora no rendimento em PE, uma vez que essa ação atende ao princípio da especificidade do treinamento desportivo.^{1,2,3} No entanto, vários fatores são determinantes para o sucesso em PE,^{4,5} dentre esses, os três fatores fisiológicos principais são: o consumo máximo de oxigênio (VO₂max), o limiar anaeróbio (LAn) e a economia de movimento (EM). Tanto o VO₂max, quanto o LAn são treinados/estimulados com meios e métodos tradicionais/comuns (corridas contínuas e intervaladas) de treinamento de *endurance*.^{2,6} Além disso, essas duas variáveis parecem ser pouco sensíveis aos efeitos de outros meios/métodos de treinamento como, por

exemplo, o treinamento de força (TF), em especial em indivíduos bem treinados. Contudo, manipulando as variáveis agudas do TF (intensidade, volume, velocidade de execução, pausas e ações musculares), em um programa de exercícios físicos, a EM pode ser aperfeiçoada, mesmo em indivíduos bem treinados em *endurance*.^{4,7,8,9,10,11,12,13} Considerando essa possibilidade, o objetivo deste estudo foi revisar e discutir trabalhos que investigam os efeitos do TF para o desempenho em PE e seus prováveis mecanismos em atletas bem treinados e/ou de elite.

Foram analisados os mais relevantes estudos publicados originalmente em idioma internacional (até 20/11/2011). Como estratégia de busca, foi utilizada a base de dados *Medline* (*National Library of Medicine*) com a combinação das seguintes palavras-chave: *resistance exercise, strength training, plyometric training, weight exercise, strength exercise, running performance, endurance improvement, aerobic runners*.

Foram considerados como critérios de inclusão, estudos que investigaram os efeitos do TF na EM e/ou desempenho de *endurance* em atletas bem treinados e/ou de elite, e como critérios de exclusão, foram os estudos que realizaram a análise em sujeitos recreacionais e/ou destreinados. A tabela 1 mostra os estudos encontrados.

Tabela 1 – Descrição dos estudos de treinamento de força em atletas de provas de *endurance*.

Estudo	Amostra	Período de treinamento	Descrição	Desempenho
Losnegard <i>et al.</i> (2011)	3 M e 6 H esquiadores <i>cross-country</i>	TF por 12 semanas	TF com 4-10 RM, 3 séries, 1-2 sessões/semana; exercícios para MI e MS	↑ VO ₂ max; – EM
Aagaard <i>et al.</i> (2011)	7 H ciclistas	TF por 16 semanas	TF com 6-12 RM, 4 séries, 2-3 sessões/semana; exercícios para MI	– EM; ↑ RDF; – VO ₂ max
Rønnestad <i>et al.</i> (2011)	11 H ciclistas	TF por 12 semanas	TF com 4-10 RM, 3 séries, 2 sessões/semana; exercícios para MI	↑ VO ₂ max; ↑ EM
Osteras <i>et al.</i> (2002)	10 H esquiadores <i>cross-country</i>	TF por 9 semanas	TF com 85% de 1 CVM, 3 séries, 6 repetições, 3 sessões/semana; exercícios para MS	– VO ₂ max e LAn; ↑ EM; ↑ RDF
Hoff <i>et al.</i> (2002)	9 H esquiadores <i>cross-country</i>	TF por 8 semanas	TF com 85% de 1 CVM, 3 séries, 6 repetições, 3 sessões/semana; exercícios para MS	– VO ₂ max; ↑ EM; ↑ RDF
Rønnestad <i>et al.</i> (2010)	11 H ciclistas	TF por 12 semanas	TF com 4-10 RM, 3 séries, 2 sessões/semana; exercícios para MI	↑ VO ₂ max; – EM
Levin <i>et al.</i> (2009)	7 H ciclistas	TF por 6 semanas	TF com 3 sessões/semana; 1 sessão de força máxima, 1 sessão de força explosiva e 1 sessão visando hipertrofia; exercícios para MI e MS	– EM; – VO ₂ max
Sunde <i>et al.</i> (2010)	1 M e 7 H ciclistas	TF por 8 semanas	TF com 4 RM, 4 séries, 3 sessões/semana; exercícios para MI	– VO ₂ max; ↑ EM; ↑ RDF
Fletcher <i>et al.</i> (2010)	6 H corredores	TF por 8 semanas	TF com contrações isométricas a 80% de 1 CVM, 4 movimentos, 20 segundos cada movimento, 3 sessões/semana; exercícios para MI	– CAE; – EM
Spurrs <i>et al.</i> (2003)	8 H corredores	PL por 6 semanas	PL com 6-15 repetições, 2-3 séries, 2-3 sessões/semana; exercícios para MI	– VO ₂ max e LAn; ↑ CAE; ↑ EM
Paavolainen <i>et al.</i> (1999)	10 H corredores <i>cross-country</i>	TF explosivo por 9 semanas	TF com 5-20 movimentos, com 0-40% de 1 CVM, 32% do volume de treino; exercícios para MI	– VO ₂ max e LAn; ↑ EM
Mikkola <i>et al.</i> (2007)	8 H esquiadores <i>cross-country</i>	TF explosivo por 8 semanas	TF com 6-12 movimentos, 2-3 séries, 3 sessões/semana; exercícios para MI e MS	– VO ₂ max; ↑ EM; ↑ RDF
Millet <i>et al.</i> (2002)	7 H triatletas	TF por 14 semanas	TF com 90% de 1 CVM, 3-5 séries, 3-5 RM, 2 sessões/semana; exercícios para MI	– VO ₂ max; ↑ EM

TF – treinamento de força; PL - pliometria;; RM – repetições máximas; CVM – contração voluntária máxima; H – homem; M – mulher; MI – membros inferiores; MS – membros superiores; VO₂max – consumo máximo de oxigênio; LAn – limiar anaeróbio; EM – economia de movimento; CAE – ciclo alongamento-encurtamento; RDF – razão de desenvolvimento de força; ↑ - aumento; ↓ - diminuição; – - manutenção.

Adaptações do Treinamento de Força

O TF pode melhorar o desempenho em PE, através de adaptações neurais e musculares.^{14,15} Tais adaptações podem incluir incremento na atividade das enzimas anaeróbias, aumento na produção de força, aumento no glicogênio intramuscular ou alterações nos tipos de fibras.¹⁴ As adaptações neurais, podem incluir melhoria no recrutamento e sincronização de unidades motoras, aumento na velocidade de condução de potenciais de ação e melhora no ciclo alongamento-encurtamento (CAE) e razão de desenvolvimento de força (RDF).^{10,16,17,18,19} Tais alterações poderiam contribuir para melhora no desempenho em PE.

Treinamento de Força e Performance de Endurance

O tempo de exaustão (TE) em uma determinada intensidade tem sido considerado bom método para avaliar atletas de *endurance* altamente treinados, pois é mais sensível do que o VO_2max para verificar melhorias no desempenho,²⁰ adicionalmente tem sido reportado que o TF melhora o TE em atletas de *endurance*.^{8,18,21,22}

Sunde *et al.* (2010),²¹ encontraram melhora no TE de 17,2% (de 360 para 422 segundos) na máxima potência aeróbia em cicloergômetro, e Hoff *et al.* (2002),⁸ utilizando ergômetro específico do *ski cross-country*, obteve melhora de 56% no TE (de 6,49 para 10,18 minutos), com diminuição na concentração plasmática de lactato (de 7,21 para 6,73 mmol/L) na máxima velocidade aeróbia.

De acordo com os estudos de Hoff *et al.* (2002),⁸ Losnegard *et al.* (2011)²² e Osteras *et al.* (2002)¹⁸ também encontraram melhora no TE em ergômetro específico do *ski cross-*

country após um programa TF para atletas de *endurance*.

Melhora na EM está associada à diminuição na intensidade relativa de esforço, o que pode explicar a melhora no TE.^{8,18}

Assim como o TE, a potência produzida em um teste é um bom método de avaliação para verificar melhorias no desempenho de atletas de *endurance* altamente treinados.^{23,24}

Em estudo de Aagaard *et al.* (2011),²³ a potência produzida em 45 minutos de pedalagem aumentou 8% (de 313,7 para 340,1 watts), o que está relacionado com aumento na proporção de fibras musculares do tipo IIA e diminuição do tipo IIX ao término da intervenção com TF.

Rønnestad *et al.* (2010),²⁴ encontraram melhora de 6% na potência produzida em 40 minutos de pedalagem, corroborando com o estudo de Aagaard *et al.* (2011).²³

O TF também melhora o desempenho nas provas de 3 e 5 km.^{10,19} Spurrs *et al.* (2003)¹⁹ reportaram melhora de 2,7% no desempenho em corrida de 3 km, o que está de acordo com o estudo de Paavolainen *et al.* (1999)¹⁰ que encontraram melhora na corrida de 5 km. A melhora de desempenho nas corridas de 3 e 5 km, após intervenção com TF, está associada à melhora na EM.^{10,19}

Treinamento de Força e Economia de Movimento

Melhores resultados em PE estão relacionados com melhora na EM, e a EM pode ser melhorada por meio do TF.^{10,12,19}

EM pode ser definida como a demanda energética para uma determinada carga submáxima, e é mensurada em estado estável do consumo de oxigênio e quociente respiratório,¹²

e pode ser aprimorada por meio de melhorias no CAE,¹⁹ que é a capacidade de armazenar e utilizar energia elástica, e RDF,²⁵ que é a relação entre tempo e desenvolvimento de força.

Spurrs *et al.* (2003)¹⁹ encontraram correlação significativa entre aumentos no CAE e aumentos na EM, após período de intervenção com treino de pliometria, entretanto Fletcher *et al.* (2010),²⁶ utilizando treino isométrico, não encontraram melhoras significantes na EM e CAE. Os autores argumentam que o aprimoramento no CAE está associado à melhoria no complexo musculotendíneo.^{19,26}

Melhora na RDF resulta em aumento da fase de relaxamento muscular durante um movimento, o que proporciona menos oclusão de vasos pela contração muscular, melhora o fluxo nos capilares e a perfusão muscular, o que pode contribuir para o desempenho de atletas em PE.²⁷

Atletas de *endurance* podem melhorar a RDF ao adicionarem TF em seu programa regular de treinamento,^{8,18,21,23,25} e melhores resultados na RDF estão associados à maior ativação neural dos músculos treinados após intervenção com TF.²⁵

Vários autores observaram que atletas de *endurance* podem melhorar a EM ao incluírem TF em seus programas de treino,^{8,10,11,18,19,21,25,28} entretanto, outros autores não encontraram melhora na EM.^{22,23,24,26,29} Essa divergência de resultados pode estar relacionada a diferenças metodológicas utilizadas, como por exemplo, a manipulação das variáveis agudas do TF e período de intervenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos listados na tabela 1 utilizaram atletas bem condicionados¹ para

investigar os efeitos do TF no desempenho de *endurance*.

O TF realizado de forma concomitante ao treino regular de *endurance* dos atletas, parece não promover aumentos significantes no VO₂max e LAN,^{8,10,18,19,21,23,25,28,29} entretanto, alguns autores reportaram melhora no VO₂max.^{11,22,24}

O TF melhora o desempenho em PE por meio da EM,¹² este por sua vez, é modificado pelo CAE¹⁹ e RDF,²⁵ sendo que a maioria dos estudos que encontraram melhores resultados utilizaram protocolos de força máxima; apenas um estudo utilizou treino isométrico²⁶ e três utilizaram exercícios de pliometria.^{10,19,25}

As magnitudes de melhora no CAE e RDF podem ser maximizados com o emprego do treinamento periodizado de força,^{8,10,11,19,21,22,23,24,25,26,28,29} em contra partida, alguns estudos com o TF não periodizado observaram melhora no desempenho.^{8,10,18,21,25,26}

Embora os efeitos do TF na EM de atletas de *endurance* ainda sejam controversos, com alguns estudos indicando melhora,^{8,10,11,18,19,21,25,28} e outros não,^{22,23,24,26,29} pode-se considerar que o TF proporciona benefícios na EM, pois a maioria dos estudos encontrou resultados positivos.

Considerando os trabalhos revisados, podemos concluir que o TF colabora positivamente com o desempenho de *endurance*, por meio da melhora na EM, e, portanto, deveria ser observado como importante atividade complementar aos treinamentos de *endurance*. Tal constatação sugere modificações na maneira de encarar e pensar sobre o TF para atletas de *endurance* no momento do planejamento da temporada anual de treinamentos. Portanto, a periodização do

treinamento desses indivíduos deveria considerar melhor outros meios e métodos de treinamento, diferentes dos tradicionais que enfatizam somente os aspectos fisiológicos centrais.

REFERÊNCIAS

1. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31(1):13-31.
2. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31(2):75-90.
3. Demarie S, Koralsztein JP, Billat LV. Time limit and time at VO₂max' during a continuous and an intermittent run. *J Sports Med Phys Fitness.* 2000; 40(2):96-102.
4. Berg K. Endurance training and performance in runners: research limitations and unanswered questions. *Sports Med.* 2003;33(1):59-73.
5. Brisswalter J, Hauswirth C. Consequences of drafting on human locomotion: benefits on sports performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2008;3(1):3-15.
6. Maughan RJ. The limits of human athletic performance. *Ann Transplant.* 2005; 10(4):52-4.
7. Bonacci J, Chapman A, Blanch P, Vicenzino B. Neuromuscular adaptations to training, injury and passive interventions: implications for running economy. *Sports Med.* 2009;39(11):903-21.
8. Hoff J, Gran A, Helgerud J. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand J Med Sci Sports.* 2002; 12(5):288-95.
9. Hoff J, Helgerud J, Wisloff U. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(6):870-7.
10. Paavolainen L, Hakkinen K, Hamalainen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol.* 1999;86(5):1527-33.
11. Ronnestad BR, Hansen EA, Raastad T. Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21(2):250-9.
12. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med.* 2004;34(7):465-85.
13. Yamamoto LM, Lopez RM, Klau JF, Casa DJ, Kraemer WJ, Maresh CM. The effects of resistance training on endurance distance running performance among highly trained runners: a systematic review. *J Strength Cond Res.* 2008;22(6):2036-44.
14. Abernethy PJ, Jurimae J, Logan PA, Taylor AW, Thayer RE. Acute and chronic response of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Med.* 1994;17(1):22-38.
15. Kraemer WJ, Deschenes MR, Fleck SJ. Physiological adaptations to resistance exercise. Implications for athletic conditioning. *Sports Med.* 1988;6(4):246-56.
16. Elliott MC, Wagner PP, Chiu L. Power athletes and distance training: physiological and biomechanical rationale for change. *Sports Med.* 2007;37(1):47-57.
17. Markovic G, Jukic I, Milanovic D, Metikos D. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *J Strength Cond Res.* 2007;21(2): 543-9.
18. Osteras H, Helgerud J, Hoff J. Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88(3):255-63.
19. Spurrs RW, Murphy AJ, Watsford ML. The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89(1):1-7.
20. Jung AP. The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Med.* 2003;33(7):539-52.
21. Sunde A, Storen O, Bjerkaas M, Larsen MH, Hoff J, Helgerud J. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(8):2157-65.
22. Losnegard T, Mikkelsen K, Ronnestad BR, Hallen J, Rud B, Raastad T. The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21(3):389-401.
23. Aagaard P, Andersen JL, Bennekou M, Larsson B, Olesen JL, Crameri R, *et al.* Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;(1):1-10.
24. Ronnestad BR, Hansen EA, Raastad T. Effect of heavy strength training on thigh

- muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(5):965-75.
25. Mikkola JS, Rusko HK, Nummela AT, Paavolainen LM, Häkkinen K. Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. *J Strength Cond Res.* 2007; 21(2):613-20.
26. Fletcher JR, Esau SP, MacIntosh BR. Changes in tendon stiffness and running economy in highly trained distance runners. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(5):1037-46.
27. Aagaard P, Andersen JL. Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(sup2):39-47.
28. Millet GP, Jaouen B, Borrani F, Candau R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(8):1351-9.
29. Levin GT, Mcguigan MR, Laursen PB. Effect of concurrent resistance and endurance training on physiologic and performance parameters of well-trained endurance cyclists. *J Strength Cond Res.* 2009;23(8):2280-6.

Correspondência: Charles Ricardo Lopes - Faculdade de Ciências da Saúde – UNIMEP - CEP 13400-911 – Piracicaba-SP, Brasil - Fone: (19) 31241503 - E-mail: chrlopes@unimep.br