

COMPARAÇÃO DA POTÊNCIA ANAERÓBIA MENSURADA PELO TESTE DE RAST EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CALÇADO E SUPERFÍCIES



COMPARISON OF THE ANAEROBIC POWER MEASURED BY THE RAST TEST AT DIFFERENT FOOTWEAR AND SURFACES CONDITIONS

Carlos Augusto Kalva-Filho¹
João Paulo Loures²
Vanessa Holtz Franco³
Edson Itaru Kaminagakura³
Alessandro Moura Zagatto⁴
Marcelo Papoti⁵

1. Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFE) – Universidade Estadual Paulista – Presidente Prudente, SP, Brasil.
2. Estadual Paulista – Presidente Prudente, SP, Brasil.
3. Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Rio Claro, SP, Brasil.
4. Laboratório de Avaliação Física Saúde e Esportes (LAFISE) – Universidade Estadual de Ponta Grossa – Ponta Grossa, PR, Brasil.
5. Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Bauru, SP, Brasil.
6. Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (USP) – Ribeirão Preto, SP, Brasil.

Correspondência:

Rua: Pastor Fugmann, 247, Nova Rússia
84070-030 – Ponta Grossa, PR, Brasil.
E-mail: kalvafilho@yahoo.com.br

RESUMO

Introdução: O *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST) tem sido considerado um teste válido para avaliação anaeróbia. Entretanto, como a superfície e o calçado podem afetar alguns parâmetros mensurados durante o exercício, isso pode modificar os parâmetros do RAST. **Objetivo:** Comparar as variáveis do RAST mensuradas utilizando chuteiras na grama (RAST_{CG}) e tênis na pista (RAST_{TP}). **Métodos:** Oito jogadores de futebol (da categoria sub-17) participaram do estudo. Os participantes realizaram dois RAST (intervalo > 24 h). O RAST consistiu em seis corridas máximas de 35m com 10s de intervalo passivo entre cada corrida. O tempo de cada esforço foi registrado para determinação da potência pico (PP), potência média (PM) e índice de fadiga (IF). Após o sexto esforço, amostras sanguíneas foram coletadas para determinação da lactacidemia ([Lac]). **Resultados:** Durante o RAST_{TP}, a PP (763,1 ± 87,2 W) e PM (621,6 ± 68,1 W) foram significativamente superiores às PP e PM mensuradas em RAST_{CG} (PP = 667,3 ± 67,0 W e PM = 555,9 ± 74,7 W), enquanto que as [Lac] observadas em RAST_{TP} (7,3 ± 1,8 mmol.L⁻¹) foram significativamente inferiores às mensuradas em RAST_{CG} (9,9 ± 3,2 mmol.L⁻¹). No entanto, o IF não foi significativamente diferente (RAST_{TP} = 32,5 ± 8,3%; RAST_{CG} = 34,1 ± 6,6%). Significativas correlações foram observadas entre as PM (r = 0,90) e as [Lac] (r = 0,72). **Conclusão:** Podemos concluir que as variáveis do RAST são influenciadas pela superfície e calçado utilizados, com valores superiores observados em RAST_{TP}.

Palavras-chave: potência anaeróbia, lactato e jogadores de futebol.

ABSTRACT

Introduction: *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST) has been considered a valid test for anaerobic evaluation. However, since the floor surfaces and footwear can affect some outcomes measured during exercise, this also can modify the RAST outcomes. **Objective:** Was to compare the RAST outcomes measured using soccer cleats on grass (RAST_{CG}) and using shoes on the track (RAST_{ST}). **Methods:** Eight young male soccer players (under-17 category; 16±1 years) participated in the study. The subjects performed two RAST on different days (recovery > 24h). The RAST test consisted of six 35-meter maximal running performance with a 10-second recovery between each run. Running time during each effort was recorded to determine peak power (PP), mean power (MP) and fatigue index (FI); and blood samples were collected after each test to determine lactatemia ([Lac]). **Results:** PP (763.1 ± 87.2 W) and MP (621.6 ± 68.1 W) were higher in RAST_{ST} than RAST_{CG} (PP = 667.3 ± 67.0 W e PM = 555.9 ± 74.7 W), while [Lac] measured during RAST_{ST} (7.3 ± 1.8 mmol.L⁻¹) was lower than the one measured in RAST_{CG} (9.9 ± 3.2 mmol.L⁻¹). However, the FI did not statistically differ (RAST_{ST} = 32.5 ± 8.3%; RAST_{CG} = 34.1 ± 6.6%). Significant correlations were observed between MP values (r = 0.90) and [Lac] values (r = 0.72). **Conclusion:** We can conclude that the RAST variables are affected by floor surface and footwear, with higher values being observed during RAST_{ST} condition

Keywords: anaerobic capacity, lactate and soccer players.

INTRODUÇÃO

As partidas de futebol de campo são divididas em dois períodos de quarenta e cinco minutos, caracterizando uma modalidade esportiva com predomínio do metabolismo aeróbio. Entretanto, durante a sua prática, o atleta é submetido a várias situações de alta intensidade e curta duração, como saltos, giros, mudanças de direção e corridas de máxima velocidade, tornando o metabolismo anaeróbio (alático e lático) também muito exigido para o desempenho desta modalidade¹. Essa grande contribuição anaeróbia resulta na necessidade em mensurar esse componente de forma precisa no futebol para o monitoramento do estado de treinamento do atleta.

Nesse contexto, o teste de Wingate (WANt) é frequentemente utilizado para a obtenção da potência anaeróbia de futebolistas²⁻³. Embora o WANt seja considerado um teste válido e preciso para a avaliação da potência anaeróbia, a principal limitação da aplicação do WANt no futebol é que esse procedimento não respeita a validade ecológica do esporte. Neste sentido, o *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST), devido à sua característica intermitente, parece ser um teste mais próximo as ações realizadas por jogadores de futebol. O RAST consiste na realização de seis esforços máximos na distância de 35 m intercalados por um período de recuperação passiva de 10s, sendo determinados os mesmos parâmetros mensurados no WANt⁵. Além disso, recentemente Zagatto

et al.⁶, demonstraram que o RAST é um teste reprodutível e bom preditor da performance em corridas de curta duração (35 a 400 m) e, por se tratar de um teste simples e que possui a corrida como meio de locomoção, sua introdução na rotina de treinamento do futebol torna-se viável.

Além de jogadores de futebol⁷, o RAST tem sido utilizado para avaliação anaeróbia de jogadores de basquetebol⁸, handebol⁹ e de indivíduos ativos⁶. Entretanto, vários estudos têm demonstrado a influência de diferentes superfícies no custo energético¹⁰⁻¹² e na determinação de variáveis fisiológicas^{13,14} e também do exercício realizado descalço ou com calçado¹⁵. Além disso, Brechue et al.¹⁶ observaram diferenças significativas nas performances máximas de 40 m realizadas na grama e em superfícies mais firmes, demonstrando a influência de diferentes superfícies também em esforços com predomínio anaeróbio. Entretanto, poucos estudos tem demonstrado a influência de diferentes tipos de superfície em esforços de curta duração intercalados a períodos breves de recuperação como o RAST.

Neste sentido, comparações entre os valores obtidos no RAST por futebolistas, com os de outras modalidades podem ser influenciados pelas condições de avaliação. No entanto, ainda não foram verificados na literatura estudos comparando os valores de potência anaeróbia provenientes de diferentes condições de terreno e calçado. Desse modo, o objetivo do presente estudo foi comparar os valores do RAST em diferentes situações, utilizando tênis em superfície firme (RAST_{TP}) e em condições de jogo utilizando chuteiras na grama (RAST_{GR}).

MÉTODOS

Participantes

Participaram voluntariamente deste estudo oito futebolistas da categoria sub-17, com idade média de 16,0 ± 1,0 anos, estatura de 174,5 ± 3,7 cm, massa corporal de 64,8 ± 4,7 kg e VO_{2max} de 53,9 ± 5,0 ml.kg⁻¹.min⁻¹. Os responsáveis por todos os atletas foram informados sobre os riscos e benefícios do presente estudo e somente foram incluídos nas análises aqueles que concordaram por escrito com o termo de consentimento livre e esclarecido. Os procedimentos deste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisa da Instituição (nº 2.982).

Procedimentos experimentais

As avaliações foram realizadas em duas visitas para a realização de dois RAST, separados por um período mínimo de 24 h e máximo de 72 h. Em ambas as visitas os participantes realizaram seis esforços máximos de 35 m com 10 s de intervalo passivo (RAST). No primeiro dia, os participantes realizaram medidas antropométricas seguidas do RAST, utilizando tênis em pista oficial de atletismo (RAST_{TP}). A segunda visita foi realizada em horário semelhante à primeira e os participantes realizaram o RAST utilizando chuteiras na grama (RAST_{GR}). Antes da aplicação dos esforços, os atletas realizaram um aquecimento de 10 min em ambas as situações.

Running Anaerobic Sprint Test (RAST)

Previamente à realização dos esforços, foi mensurada a massa corporal total dos sujeitos, incluindo as vestimentas utilizadas durante os testes, por meio de uma balança digital (TANITA UM080, Brasil). O RAST consistiu na realização de seis corridas máximas de 35 m, intercaladas por um período de recuperação passiva de 10 s. O registro de tempo foi realizado a cada esforço (Timex®, modelo 85103). A potência absoluta (Pabs) foi determinada em cada corrida através da mensuração do tempo (t), distância (D) e massa corporal (MC) do indivíduo (Pabs (W) = (MCxD²) / t³)

Como variáveis do RAST, foram determinadas as potências pico (PP), média (PM) e mínima (Pmin), tanto apresentadas em unidade relativa

à massa corporal (REL) quanto em valores absolutos (ABS), e também o índice de fadiga (IF) (IF(%) = (PP – Pmin) x 100) / PP). Além disso, através da relação entre a distância e o tempo de esforço, foram determinadas a velocidade máxima (V_{MAX}) e a velocidade média (V_{MED}).

Ao final do sexto esforço, nas duas situações, amostras sanguíneas (25 µl) foram coletadas do lóbulo da orelha dos participantes utilizando tubos capilares previamente calibrados e heparinizados. As amostras foram imediatamente depositadas em fitas reagentes (BM-Lactate) e analisadas em lactímetro portátil (Accusport®, Boehringer Mannheim GmbH®,GER).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados estão apresentados na forma de médias ± desvio padrão. A normalidade dos dados foi testada e confirmada com o teste de Kolmogorov-Smirnov. A comparação dos parâmetros entre os seis esforços, em ambas as situações, foi analisada através da análise de variância ANOVA one-way para medidas repetidas, seguida do *post hoc* de Tukey. Para a diferenciação entre as potências de cada esforço, bem como para a comparação dos parâmetros provenientes do RAST nas diferentes condições de calçado e terreno, utilizou-se o teste *t* de Student para amostras dependentes. As possíveis associações foram verificadas com o teste de correlação de Pearson. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico Statistica 7 (Statsoft, EUA), e em todos os casos o nível de significância foi pré-fixado em p < 0,05.

RESULTADOS

O tempo total de esforço foi significativamente superior (p < 0,05) na situação RAST_{GR} (31,6 ± 1,6 s) em relação a RAST_{TP} (30,4 ± 0,9 s). Além disso, na situação RAST_{TP} a V_{MAX} (7,4 ± 0,2 m.s⁻¹) e V_{MED} (6,9 ± 0,2 m.s⁻¹) foram superiores (p < 0,05) das observadas na situação RAST_{GR} (7,1 ± 0,2 e 6,6 ± 0,3 m.s⁻¹, respectivamente). Adicionalmente, as PP_{ABS}, PP_{REL}, PM_{ABS}, PM_{REL} e [Lac], foram superiores (p < 0,05) na situação RAST_{TP} em comparação à RAST_{GR}, o que não ocorreu com o IF (tabela 1).

As potências mensuradas nos seis esforços (E1, E2, E3, E4, E5 e E6), demonstradas tanto de maneira relativa à massa corporal como em valores absolutos, tiveram comportamentos similares. Observamos uma diminuição significativa nos valores de potência com relação ao primeiro esforço a partir de E3 na situação RAST_{GR}. Entretanto, na situação RAST_{TP} evidenciamos uma queda a partir de E4, demonstrando menor diminuição abrupta das potências geradas nesta situação. Além disso, potências, velocidades e tempos no E1, E4, E5 e E6 foram significativamente diferentes entre as situações (figura 1).

Com relação às correlações entre as variáveis provenientes do RAST nas duas situações estudadas, somente as PM_{ABS} (r = 0,90), PM_{REL} (r = 0,90), V_{MEA} (r = 0,90) e as [Lac] (r = 0,72) foram significativamente correlacionadas.

Tabela 1. Potência pico (PP), potência média (PM), índice de fadiga (IF) e concentração pico de lactato ([Lac]) obtidos no RAST utilizando tênis na pista (RAST_{TP}) e chuteiras na grama (RAST_{GR}).

	RAST _{TP}	RAST _{GR}
PP (W)	763,1 ± 87,2	667,3 ± 67,0*
PP (W.kg ⁻¹)	11,7 ± 1,2	10,3 ± 1,1*
PM (W)	621,5 ± 68,1	555,9 ± 74,7*
PM (W.kg ⁻¹)	9,6 ± 0,8	8,6 ± 1,2*
IF (%)	32,4 ± 8,2	34,0 ± 6,6
[Lac] (mmol.L ⁻¹)	7,8 ± 1,8	9,8 ± 3,1*

* Diferença significativa com relação à RAST_{TP} (p < 0,05).

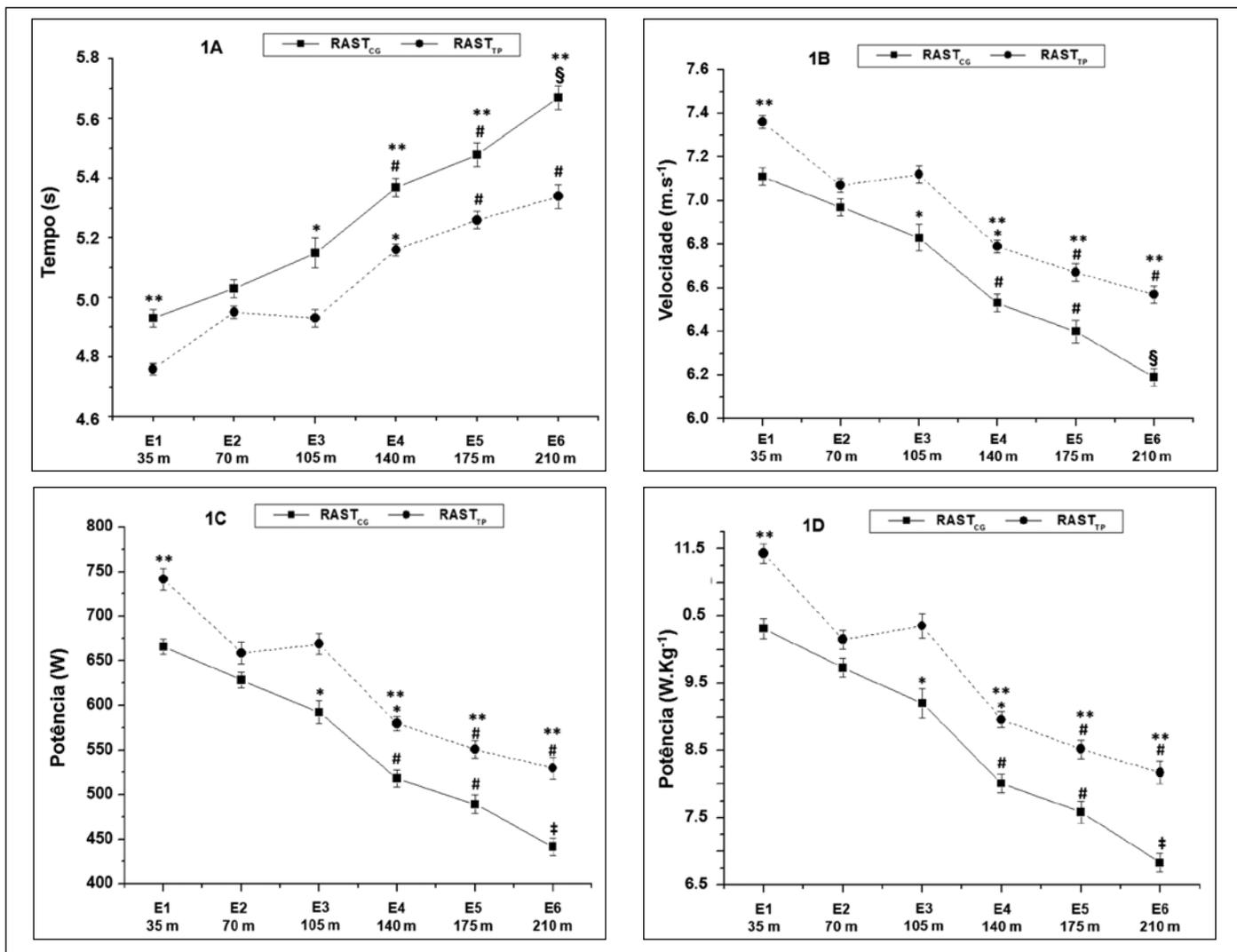


Figura 1. Médias e o erro padrão das tomadas de tempo (A), das velocidades (B) e das potências desenvolvidas, demonstradas de maneira absoluta (C) e relativa (D) nos seis esforços do RAST realizado na grama com chuteiras (RAST_{CG}) e na pista com tênis (RAST_{TP}). E número do esforço; * diferença significativa com relação à E1 ($p < 0,001$); # diferença significativa com relação aos três primeiros esforços ($p < 0,001$); † diferença significativa com relação à E4, E3, E2 e E1 ($p < 0,001$); § diferença significativa com relação aos cinco primeiros esforços ($p < 0,05$); ** diferença evidenciada no estágio entre as duas situações.

DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo demonstram que as *performances* no RAST na situação RAST_{TP} foram significativamente superiores às observadas no RAST_{GR}.

Zagatto *et al.*⁶, ao avaliarem 17 indivíduos moderadamente ativos em pista de 400 m, observaram valores de PP ($695,4 \pm 107,4$ W) e PM ($555,2 \pm 77,30$ W) semelhantes aos encontrados na situação RAST_{GR}. Valores próximos de PP ($649,9 \pm 82,7$ W) e PM ($529,3 \pm 69,7$ W) também foram encontrados para jogadores de handebol⁹. Entretanto, ao comparar as potências obtidas por estes dois estudos com as determinadas na situação RAST_{TP}, observamos que os valores da presente investigação são superiores. Desse modo, quando as comparações são realizadas na mesma superfície (RAST_{TP}), futebolistas podem apresentar valores superiores de potência anaeróbia absoluta e a aplicação do RAST na grama pode subestimar a real potência gerada pelos membros inferiores neste teste.

Tem sido demonstrado que o custo energético para a corrida pode ser influenciado pela superfície, apresentando valores superiores na areia¹⁰⁻¹² e na grama¹⁷ quando comparados à superfícies mais firmes. Neste sentido, o maior custo energético encontrado na areia é atribuído à fatores como diminuição na utilização da energia elástica e da

eficiência do complexo músculo-tendão^{10,11}. Além disso, recentemente Sassi *et al.*¹⁷ determinaram um maior custo energético para a corrida na grama (5%), principalmente pela maior absorção de impacto observada nesse terreno (35%). Desse modo, no presente estudo, a menor rigidez apresentada na situação RAST_{GR}, pode ter levado a um maior custo energético para cada esforço nesta situação, aumentando o tempo total e, por consequência, resultando em piores *performances* no RAST na situação RAST_{GR}.

Além da superfície, o uso de diferentes tipos de calçado pode ter influenciado os achados do presente estudo. Di Michele *et al.*¹⁴, ao compararem o limiar anaeróbio de 18 jogadores de futebol, determinado na esteira e na grama natural, não observaram diferenças significativas utilizando calçados de corrida nas duas situações. Entretanto, Kunduracioglu *et al.*¹³ determinaram que jogadores de futebol de campo podem apresentar menores valores de limiar anaeróbio, determinado em campo com chuteiras em comparação ao determinado em esteira utilizando tênis. Além disso, utilizando chuteiras na grama e tênis em superfície mais firme, Brechue *et al.*¹⁶ observaram tempos significativamente maiores na grama (5-6%) para corrida máxima de 40 m, avaliando jogadores de futebol americano. Neste sentido, o uso de chuteiras pode ter aumentado o tempo de contato com o solo, fator observado na velocidade de 20 m após a fadiga induzida^{18,19} e

associado a menor eficiência do ciclo alongamento encurtamento²⁰.

Os resultados obtidos no presente estudo apontam para uma diferenciação nos últimos três esforços do RAST entre as condições de avaliação, além de uma queda mais acentuada nas potências e velocidades da condição RAST_{GR}. Considerando que o RAST é um esforço intermitente, durante a realização dos esforços máximos (~5s), a energia necessária é obtida principalmente por fontes anaeróbias²¹. Neste sentido, o desempenho nos esforços subsequentes é determinado principalmente pela recuperação dos estoques de fosfocreatina (PCr), remoção do lactato e dos fosfatos inorgânicos intracelulares (Pi), processos que são realizados durante os períodos de recuperação pelo metabolismo aeróbio²². Entretanto, foi demonstrado que intervalos superiores a 10 s são necessários para uma recuperação satisfatória de PCr²³, assim, o período entre cada esforço no RAST provavelmente não foi suficiente para a restauração desse substrato, levando a diminuição gradual das potências e velocidades obtidas.

Além disso, a hipótese de que os esforços realizados na grama com chuteiras acarretaram uma maior utilização dos estoques de PCr, que pode ser sustentada pelas maiores [Lac] observadas na situação RAST_{GR}. Isso ocorre principalmente pela maior ativação da via glicolítica, após a diminuição das concentrações de PCr, na tentativa de manter a produção satisfatória de ATP²⁴. Adicionalmente, através da maior utilização de ATP e ativação do metabolismo láctico, metabólitos como o lactato e íons hidrogênio têm sua concentração muscular aumentada, o que tem sido associado à fadiga nesse tipo de esforço²⁵. Por outro lado, vários

estudos demonstraram que em esforços intermitentes a glicólise é inibida²⁶⁻²⁸. Entretanto, Glaister *et al.*²⁸ observaram maiores [Lac] em esforços intermitentes com 10 s de intervalo em comparação aos realizados com 30 s de intervalo, evidenciando a necessidade de mais estudos com relação ao papel da glicólise nesse tipo de exercício.

Mesmo a literatura apresentando um consenso à respeito do gasto energético e sobre as características mecânicas da corrida em diferentes superfícies, o presente estudo não realizou mensurações diretas destas variáveis durante os esforços do RAST. Entretanto, as diferenciações encontradas nas superfícies estudadas são relevantes por mostrar a limitação nas comparações das variáveis do RAST em diferentes condições de avaliação.

CONCLUSÃO

Os achados do presente estudo sugerem que para jogadores de futebol as potências obtidas através do RAST podem ser influenciadas pelas condições de avaliação, apresentando valores inferiores na situação RAST_{GR} em comparação à RAST_{TP}, provavelmente pela maior demanda metabólica envolvida na primeira condição, evidenciando a necessidade de mais estudos que investiguem a participação dos sistemas aeróbio, anaeróbio láctico e alático durante estes esforços.

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

REFERÊNCIAS

1. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med* 2005;35:501-36.
2. Al-hazzaa HM, Almuzaini KS, Al-refafe SA, Sulaiman MA, Dafterdar MY, Al-ghamedi A, et al. Aerobic and anaerobic power characteristics on Saudi elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41:54-61.
3. Almeida AG, Pereira G, Campeiz JM, Maria TS. Avaliação da capacidade anaeróbia de jogadores de futebol através de teste máximo de corrida de Vai-e-Vem. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2009;11:88-93.
4. Zacharogiannis E, Paradisis G, Tziortzis S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:116.
5. Zagatto AM, Beck WR, Gobatto CA. Validity of the running anaerobic sprint test (RAST) for assessing anaerobic power and predicting short- distance performances. *J Strength Cond Res* 2009;23:1820-7.
6. Alizadeh R, Hovanloo F, Safania AM. The relationship between aerobic power and repeated sprint ability in young soccer players with different levels of VO₂ max. *JPEs* 2010;27:86-92.
7. Balčiūnas M, Stonkus S, Abrantes C, Sampaio J. Long term effects of different training modalities on power, speed, skill and anaerobic capacity in young male basketball players. *J Sports Sci Med* 2006;5:163-70.
8. Roseguini AZ, Silva AS, Gobatto CA. Determinações e relações dos parâmetros anaeróbios do RAST, do limiar anaeróbio e da resposta lactacidêmica obtida no início, no intervalo e ao final de uma partida oficial de handebol. *Rev Bras Med Esporte* 2008;14:46-50.
9. Lejeune TM, Willems PA, Heglund NC. Mechanics and energetics of human locomotion on sand. *J Exp Biol* 1998;201:2071-80.
10. Pinnington HC, Dawson B. The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *J Sci Med Sport* 2001;4:416-30.
11. Zamparo P, Perini R, Orizio C, Sacher M, Ferretti G. The energy cost of walking or running on sand. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;65:183-87.
12. Kunduracioglu B, Guner R, Ulkar B, Erdogan A. Can heart rate values obtained from laboratory and field lactate tests be used interchangeably to prescribe exercise intensity for soccer players? *Adv Ther* 2007;24:890-902.
13. Di Michele R, Di Renzo AM, Ammazalorso S, Merni F. Comparison of physiological responses to an incremental running test on treadmill, natural grass, and synthetic turf in young soccer players. *J Strength Cond Res* 2009;23:939-45.
14. Hanson NJ, Berg K, Deka P, Meendering JR, Ryan C. Oxygen Cost of Running barefoot vs. Running Shod. *Int J Sports Med* 2011;32:401-6.
15. Brechue WF, Mayhew JL, Piper FC. Equipment and running surface alter sprint performance of college football players. *J Strength Cond Res* 2005;19:821-5.
16. Sassi A, Stefanescu A, Menaspa P, Bosio A, Riggio M, Rampinini E. The cost of running on natural grass and artificial turf surfaces. *J Strength Cond Res* 2011;25:606-11.
17. Nummela AT, Heath KA, Paavolainen LM, Lambert MI, St Clair Gibson A, Rusko HK, et al. Fatigue during a 5-km running time trial. *Int J Sports Med* 2008;29:738-45.
18. Girard O, Racinais S, Kelly L, Millet GP, Brocherie F. Repeated sprinting on natural grass impairs vertical stiffness but does not alter plantar loading in soccer players. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:2547-55.
19. Comyns TM, Harrison AJ, Hennessy LK. An Investigation Into the Recovery Process of a Maximum Stretch-Shortening Cycle Fatigue Protocol on Drop and Rebound Jumps. *J Strength Cond Res* 2011;25:2177-84.
20. Margaria R, Oliva RD, Di Prampero PE, Cerretelli P. Energy utilisation in intermittent exercise of supra-maximal intensity. *J Appl Physiol* 1969;26:752-6.
21. Blei ML, Conley KE, Kushmerick MJ. Separate measures of ATP utilization and recovery in human skeletal muscle. *J Physiol* 1993;465:203-22.
22. Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol* 1993;75:712-9.
23. Boobis L, Williams C, Wootton SA. Human muscle metabolism pyrduring brief maximal exercise. *J Physiol* 1982;338:21-2.
24. Bergstro MM, Hultman E. Relaxation and force during fatigue and recovery of the human quadriceps muscle: relations to metabolite changes. *Pflügers Arch* 1991;418:153-60.
25. Bangsbo J. Regulation of muscle glycogenolysis and glycolysis during intense exercise: In vivo studies using repeated intense exercise. In: *Biochemistry of Exercise IX*. R.J. Maughan and S.M. Shirreffs, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996. pp. 261-275.
26. Mccartney N, Spriet LL, Heigenhauser GJF, Ko-Walchuk JM, Sutton JR, Jones NL. Muscle power and metabolism in maximal intermittent exercise. *J Appl Physiol* 1986;60:1164-9.
27. Parolin ML, Chesley A, Matsos MP, Spriet LL, Jones NL, GJF. Heigenhauser. Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *Am J Physiol* 1999;277:890-900.
28. Glaister M, Stone MH, Stewart AM, Hughes M, Moir GL. The influence of recovery duration on multiple sprint cycling performance. *J Strength Cond Res* 2005;19:831-7.