

A influência de variáveis aeróbias e anaeróbias no teste de “sprints” repetidos

CDD. 20.ed. 796.022
796.073
796.426

<http://dx.doi.org/10.1590/1807-55092016000300553>

Rafael Alves De AGUIAR*
João Antônio Gesser RAIMUNDO*
Felipe Domingos LISBÔA*
Amadeo Félix SALVADOR*
Kayo Leonardo PEREIRA*
Rogério Santos de Oliveira CRUZ*
Tiago TURNES*
Fabrizio CAPUTO*

*Centro de Ciências da Saúde e do Esporte, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Resumo

O objetivo deste estudo foi determinar o modo e o grau com que variáveis aeróbias e anaeróbias influenciam o desempenho e a fadiga em “sprints” repetidos (RS) na corrida. Para este fim, participaram do estudo 24 homens, sendo oito corredores velocistas, oito corredores fundistas e oito sujeitos ativos. Em uma pista sintética de atletismo estes sujeitos foram submetidos aos seguintes testes: 1) teste incremental para determinação do $VO_2\text{max}$ e da velocidade aeróbia máxima (VAM); 2) teste de velocidade constante realizado a 110%VAM para determinar a cinética do VO_2 durante exercício e o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD); 3) teste de “sprints” repetidos (10 “sprints” de 35 m, intercalados com 20 s de recuperação) para determinar o tempo total dos “sprints” (TT), tempo do melhor sprint (TM) e a queda do desempenho em percentual (Sdec). Para analisar a diferença entre os grupos e as relações entre as variáveis foram utilizadas a análise de variância ANOVA “one-way”, complementada pelo teste de Tukey, e a correlação de Pearson, respectivamente. O TT em RS foi diferente significativamente entre todos os grupos (velocistas, $49,5 \pm 0,8$ s; fundistas, $52,6 \pm 3,1$ s; ativos, $55,5 \pm 2,6$ s) e Sdec foi significativamente inferior em fundistas comparado aos outros grupos (velocistas, $8,9 \pm 2,1\%$; fundistas, $4,0 \pm 2,0\%$; ativos, $8,4 \pm 4,4\%$). O TT foi correlacionado significativamente com o TM ($r = 0,85$, $p < 0,01$) e com o MAOD ($r = -0,54$, $p < 0,01$). Além disso, Sdec foi correlacionado significativamente com variáveis aeróbias ($VO_2\text{max}$, $r = -0,58$, $p < 0,01$; VAM, $r = -0,59$, $p < 0,01$; constante de tempo “tau”, $r = 0,45$, $p = 0,03$). Portanto, conclui-se que apesar de índices aeróbios influenciarem na redução da fadiga em RS, o desempenho em RS é principalmente influenciado por características anaeróbias.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho esportivo; Cinética do VO_2 ; Máximo déficit acumulado de oxigênio; Velocistas; Fundistas; Educação Física; Treinamento.

Introdução

Esportes de caráter intermitente são extremamente populares e praticados por milhões de pessoas em todo mundo. Tais esportes (p.ex. futebol, rugby, tênis e outros) requerem ações de “sprints” repetidos, ou seja, esforços máximos ou próximos do máximo intercalados por breves períodos de recuperação (< 60 s)¹⁻⁵. De fato, a ocorrência dessas ações pode ser baixa^{1,5-7}, contudo, são nesses breves períodos de tempo que ocorrem os momentos decisivos do jogo. Para um

melhor desempenho em “sprints” repetidos (RS) é necessário que, no primeiro “sprint”, o sujeito percorra uma determinada distância no menor tempo possível e, posteriormente, tenha capacidade de reproduzir um desempenho similar nos “sprints” subsequentes⁸. No entanto, é de se esperar um aumento no tempo dos “sprints” ao longo dos RS, que por sua vez determina a fadiga neste tipo de atividade. Baseado nos aspectos acima, algumas pesquisas apontaram que RS

envolvem a transferência de energia pelos três sistemas energéticos e períodos de reposição e eliminação de substratos que influenciam na produção energética⁸⁻⁹. Assim, esta atividade é dependente da integração dinâmica entre os sistemas fisiológicos (i.e. cardiovascular, respiratório, neuromuscular).

Diversos estudos têm observado que o tempo do primeiro “sprint” é o principal determinante de RS¹⁰⁻¹³ e influenciado pelo metabolismo anaeróbio¹⁴. Contudo, outros estudos apresentam resultados contraditórios com relação à influência dos aspectos fisiológicos anaeróbios (i.e. déficit acumulado de oxigênio e concentração de lactato sanguíneo pós-teste) no desempenho em RS^{12, 15-17}. Além dos parâmetros anaeróbios, GAITANOS et al.¹⁸ destacaram que índices aeróbios podem influenciar no desempenho em RS, visto que, a realização de diversos “sprints” com períodos incompletos de recuperação aumentam a transferência de energia via metabolismo oxidativo. Com esse pressuposto, diversas pesquisas utilizando indivíduos com perfil similar de treinamento objetivaram em analisar a relação entre o desempenho em RS e diversos índices aeróbios (p.ex. velocidade aeróbia máxima, VO_2 max, limiares de transição fisiológica e constante de tempo da cinética do VO_2 ^{10-11, 13, 15, 17, 19-22}). Entretanto, os resultados destes estudos não são conclusivos, uma vez que correlações significativas de um mesmo parâmetro aeróbio com o desempenho em RS não são observadas em todos os estudos, bem como, nenhuma pesquisa utilizando diferentes atletas observaram estas relações^{16, 23-24}. Portanto, o efeito das variáveis aeróbias e anaeróbias sobre o desempenho em RS ainda não está claro na literatura.

Método

Sujeitos

Participaram deste estudo oito velocistas (19 ± 4 anos, 180 ± 7 cm, $77,9 \pm 9,1$ kg), oito fundistas (29 ± 4 anos, 176 ± 6 cm, $70,7 \pm 8,1$ kg) e oito indivíduos fisicamente ativos (22 ± 1 anos, 177 ± 5 cm, $76,8 \pm 2,0$ kg). Os sujeitos não estavam lesionados durante o período do estudo, não fumavam e nem faziam uso regular de qualquer medicamento. Os atletas treinavam cinco a seis vezes por semana e possuíam mais de dois anos de treinamento específico na modalidade. O melhor desempenho (média e intervalo) nos seis meses precedente à coleta de dados de velocistas nos 100 m foi $11,14$ s ($10,61 - 11,50$ s) e de fundistas

Por último, é importante destacar que apesar da alta transferência de energia anaeróbia ser importante para o desempenho em RS, esta transferência pode aumentar a fadiga neste tipo de atividade, visto que, subprodutos metabólicos relacionados com a fadiga são acumulados durante a transferência de energia por este sistema energético²⁵⁻²⁶. Diferentemente, algumas pesquisas têm demonstrado correlações negativas significativas entre índices aeróbios e a queda do desempenho^{10-11, 13, 15, 20}. Além disso, DUPONT et al.²⁰ destacaram que a constante de tempo primária da cinética do VO_2 (“tau”) durante exercício submáximo foi correlacionado com a fadiga no teste de RS, sugerindo que a rápida ativação do sistema oxidativo é um mecanismo importante para reduzir a fadiga em RS.

É importante destacar que o modo e o grau com que os diferentes tipos de treinamento (anaeróbio vs. aeróbio), bem como, cada característica fisiológica influencia no desempenho e na fadiga em RS, são de suma importância para a prescrição de treinamento. Deste modo, se uma ou mais variáveis interferem em ações decisivas de um determinado evento esportivo, as mesmas devem ser trabalhadas com o intuito de potencializar o desempenho. Portanto, o presente estudo teve como objetivo comparar o desempenho e a fadiga em RS em velocistas, fundistas e sujeitos ativos, como também correlacionar estas variáveis com os índices aeróbios e anaeróbios obtidos no estudo. A hipótese do presente estudo é de que velocistas apresentam um melhor desempenho em RS devido ao aprimoramento dos sistemas anaeróbios, porém fundistas teriam uma maior capacidade de resistir à fadiga.

nos 10 km foi $35,9$ min ($31 - 38,1$ min). Os participantes ativos eram estudantes de educação física que praticavam atividade física (p.ex. futebol, futsal, natação e musculação) com uma frequência semanal entre três e cinco vezes por semana, porém estes não participavam de treinamento regular em nenhuma modalidade esportiva específica. Todos os sujeitos foram informados sobre os objetivos, procedimentos da pesquisa e dos possíveis riscos envolvidos no estudo. Logo após, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, concordando em participar voluntariamente da pesquisa. O estudo foi autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da instituição na qual a pesquisa foi realizada sob o n.

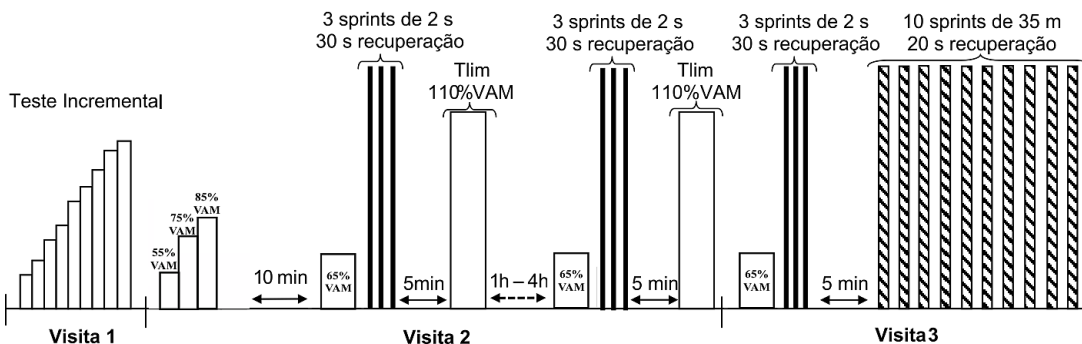
109.496/2012. Para o cálculo amostral, utilizou-se a planilha proposta por HOPKINS²⁷ e adotou-se um nível de significância (α) de 0,05 e um poder estatístico de 90%. O número amostral foi então determinado para detectar diferenças significativas quando a diferença entre os grupos de sujeitos fosse maior ou igual o dobro do coeficiente de variação da medida.

Delineamento experimental

Cada indivíduo foi submetido, em um período máximo de quatro semanas, a três testes em pista sintética de atletismo: 1) Teste incremental; 2) Teste de esforço máximo a 110% da velocidade aeróbia máxima (T110); e 3) Teste de “sprints” repetidos (RS) (FIGURA 1). O segundo e terceiro testes foram conduzidos aleatoriamente. Os testes para o mesmo indivíduo foram realizados em dias diferentes, porém no mesmo período do dia. É importante destacar que nos sujeitos atletas, o protocolo experimental foi realizado após uma ou duas semanas de uma competição alvo do atleta. Em todos os testes, exceto o teste incremental, os sujeitos realizaram um aquecimento de cinco minutos em intensidade

moderada (65% da velocidade aeróbia máxima) seguidos por três “sprints” de dois segundos. Estes “sprints” eram intercalados com períodos de 30 segundos de corrida submáxima. Foi solicitado aos voluntários que chegassem ao local dos testes bem alimentados com comidas leves, que evitassem o consumo de alimentos contendo caféina, bem como de bebidas alcoólicas, e abstivessem da prática de exercícios físicos extenuantes nas 24 horas precedentes aos testes. Os testes não foram realizados em dias chuvosos, evitando a realização com pista molhada, que poderia acarretar em diminuição do desempenho.

Os sujeitos utilizaram um analisador de gases portátil (K4b², Cosmed, Itália) para a mensuração das variáveis cardiiorespiratórias (respiração a respiração) durante os testes (com exceção do teste de RS). Este analisador de gases foi calibrado antes de cada teste de acordo com as instruções do fabricante. Inicialmente, os sistemas de análise de O₂ e CO₂ foram calibrados usando ar ambiente e um gás de concentração conhecida de O₂ (16%) e CO₂ (5%). Posteriormente, a turbina foi calibrada usando uma seringa de 3-l (K4b², Cosmed, Itália). Por fim, foi realizada a calibração “delay”.



As visitas 2 e 3 foram realizadas de maneira aleatória. Para mais detalhes ver seção método.

FIGURA 1 - Representação esquemática do protocolo experimental.

Teste incremental

O teste incremental foi iniciado com a velocidade de 8,5 km.h⁻¹ e incrementos de 0,5 km.h⁻¹ a cada minuto, até a exaustão voluntária. O ritmo de corrida foi controlado por meio da emissão de sinais sonoros (bips) e cones de “pvc” distribuídos na pista a cada 20 m. Os sujeitos foram verbalmente encorajados para realizar o teste até a exaustão. O teste foi encerrado por exaustão voluntária ou quando o sujeito não foi capaz de manter o ritmo imposto pelo protocolo (atraso superior a 2 m em três cones consecutivos). Os critérios utilizados para considerar o teste válido como máximo foi o

aparecimento de um estado estável (platô) do VO₂ apesar de um aumento na velocidade (diferença no VO₂ < 150 mL.min⁻¹) ou quando dois ou mais dos seguintes critérios foram observados: 1) razão de trocas gasosas maior que 1,1; 2) visível exaustão; 3) frequência cardíaca ao final do teste dentro de 10 bpm do valor máximo predito (220 - idade). O consumo máximo de oxigênio (VO₂max) foi considerado como o maior valor (mL.kg⁻¹.min⁻¹) em intervalos de 15 s e a velocidade aeróbia máxima (VAM) foi calculada como a velocidade da última etapa totalmente concluída, acrescido, se necessário, da fração de tempo gasto no estágio que ocorreu a exaustão multiplicada por 0,5 km.h⁻¹.

Teste de esforço máximo a 110% da VAM (T110)

Os sujeitos realizaram dois testes de esforço máximo a 110% da VAM. O período de repouso entre os testes foi de no mínimo uma hora de repouso passivo. Previamente ao teste, foram realizados três exercícios submáximos de três minutos de duração em intensidades relativas à VAM (55, 75 e 85%VAM). A ordem dos exercícios submáximos foi progressiva e sem períodos de recuperação entre eles. É importante destacar que 10 min após a realização dos exercícios submáximos foi realizado o aquecimento padronizado descrito no delineamento experimental. Após este aquecimento os sujeitos foram instruídos a aguardar em repouso por cinco minutos até o início do esforço a 110% da VAM.

Durante os testes de esforço máximo os sujeitos mantiveram uma velocidade constante a 110%VAM até a exaustão voluntária, ou até serem instruídos a parar por não conseguir manter a velocidade estipulada (atraso a uma distância superior a 2 m em dois cones consecutivos). O tempo de exaustão (Tlim) foi considerado como o maior tempo de esforço, entre os dois testes, no qual o sujeito conseguiu manter a velocidade esperada (110%VAM). O teste com maior tempo de esforço também foi utilizado para determinar o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD).

Teste de “sprints” repetidos (RS)

Três minutos após o aquecimento padronizado, descrito no delineamento experimental, foi registrado o melhor tempo de um único “sprint”, por meio de dois “sprints” de 35 m intercalados com dois minutos de recuperação passiva. Após cinco minutos de recuperação, os sujeitos realizaram o teste de RS, que consistiu de 10 “sprints” de 35 m com 20 s de recuperação passiva entre cada “sprint”. Os sujeitos foram incentivados a realizar os “sprints” o mais rápido possível. No primeiro “sprint” foi necessário que os sujeitos alcançassem ao menos 95% do tempo do “sprint” anterior ao teste de RS, caso isso não acontecesse o sujeito recuperaria por mais três minutos e posteriormente realizaria novamente o teste. Na realização do primeiro estímulo, os sujeitos correram da primeira para a segunda fotocélula (Speed Test 4.0, Cefise, Brasil) e o sentido do “sprint” foi alternado seguidamente. Cinco segundos antes de iniciar cada “sprint”, os sujeitos assumiram a posição de partida (posição em pé padronizada) e aguardaram o sinal sonoro da fotocélula para iniciar.

Considerando que estudos anteriores utilizaram diferentes testes de RS⁸ e a presente pesquisa não pretendeu especificar o teste de RS para nenhuma modalidade esportiva, a escolha do protocolo foi baseada no estudo de GAITANOS et al.²⁸, no qual analisaram a contribuição energética do primeiro e último “sprint” do teste de RS no ciclismo (10 “sprints” de 6 s com 30 s de recuperação). É importante destacar que o tempo de recuperação foi inferior no presente estudo (i.e. 20 s) para permitir uma queda de desempenho mais pronunciada entre os RS, visto que, este estudo utilizou atletas fundistas que podem apresentar uma queda de desempenho muito pequena entre os “sprints”^{16, 24}.

As medidas de desempenho extraídas desse teste foram: 1) tempo do melhor “sprint” (TM); 2) tempo total dos “sprints” (TT); e 3) queda do desempenho em percentual (Sdec). Este último foi calculado segundo a equação²⁹:

$$S_{dec} = 100 - \frac{\text{tempo do melhor sprint} \times 10}{\text{tempo total acumulado}} \times 100$$

Análise do déficit de oxigênio

O déficit de oxigênio foi calculado em T110 como a diferença entre a demanda de oxigênio na velocidade correspondente e o O₂ consumido durante o teste. A demanda de O₂ foi calculada separadamente para cada sujeito e foi baseada na regressão linear entre VO₂ e velocidade (determinado nos exercícios submáximos anteriormente ao T110), bem como no VO₂ durante o repouso. Para a regressão linear foi utilizado o valor médio do VO₂ nos últimos 30 s de cada exercício submáximo, e para o VO₂ de repouso, foi utilizado o valor médio de 60 s antes do início do primeiro T110. Posteriormente, a regressão linear foi extrapolada para determinar a demanda de O₂ para a velocidade do T110. Então, a demanda de O₂ foi multiplicada pelo tempo de exercício (i.e. Tlim) para obter-se a demanda total de O₂ do T110. Por fim, o resultado da diferença entre a demanda total de O₂ do T110 e o O₂ consumido durante todo o T110 foi considerado o máximo déficit acumulado de O₂ (MAOD).

Análise da resposta do VO₂ durante o exercício

A resposta do VO₂ durante o exercício foi analisada em T110. Inicialmente, os dados de VO₂ a cada respiração foram examinados para excluir dados

extremos causados por suspiros, tosses, etc. Os dados que estavam mais que três desvios-padrão da média local foram removidos³⁰. Posteriormente, os dados a cada respiração do VO₂ foram linearmente interpolados para obter valores com intervalos de 1 s. Por fim, os dados referentes às duas transições de cada T110 realizado foram alinhados, e posteriormente, calculadas as médias para os valores do VO₂ (os dados foram alinhados até a exaustão da transição com menor duração). O aspecto citado acima tem o objetivo de diminuir o “ruído” e acentuar as características fundamentais das respostas fisiológicas. O VO₂ da linha de base (VO₂base) foi definido como o valor médio do último minuto obtido antes do início do teste. Os primeiros 20 s de exercício foram excluídos do ajuste do modelo (fase 1 - “cardiodinâmica”)³¹. O tempo de curso da resposta do VO₂, após os 20 s de exercício, foi descrito em um componente exponencial usando a equação³²:

$$VO_2(t) = VO_2base + Ax \left(1 - e^{-\left(\frac{t-TD}{\tau_{on}}\right)} \right)$$

Onde: VO₂ (t) é o consumo de oxigênio no tempo t; A é a amplitude do VO₂ do componente

exponencial; TD é o tempo de atraso para o início do componente exponencial; τ (“tau”) é a constante de tempo do componente exponencial.

Análise estatística

Os dados foram expressos como média ± desvio padrão (DP) e em todos os testes foi adotado um nível de significância de 5%. A normalidade das variáveis determinadas neste estudo foram confirmadas pelo teste de Shapiro Wilk. Portanto, a análise de variância ANOVA “one-way”, complementada pelo teste de tukey, foi utilizada para analisar a diferença entre os grupos. Além disso, o tamanho do efeito (*d* de Cohen) foi calculado para determinar a magnitude das diferenças³³. Para analisar a relação entre as variáveis do teste de RS com as variáveis fisiológicas obtidas no estudo foram utilizados todos os sujeitos em um único grupo e o teste de correlação de Pearson (r). A magnitude das correlações significativas entre as medidas foram avaliadas com os seguintes limites: < 0,1, trivial; entre 0,1 e 0,3, pequena; entre 0,3 e 0,5, moderada; entre 0,5 e 0,7, forte; entre 0,7 e 0,9, muito forte; e entre 0,9 e 1,0, quase perfeito³³.

Resultados

Teste de “sprints” repetidos

A TABELA 1 apresenta os valores médios e a comparação entre os grupos dos dados obtidos com o teste de RS nos três grupos do estudo. A ANOVA revelou diferenças significativas em todas as variáveis

(p < 0,01). Análise de “post-hoc” revelou que TT foi significativamente diferente entre todos os grupos. Além disso, o TM foi significativamente inferior em velocistas. Por último, quando comparado com velocistas e ativos, o Sdec foi significativamente menor em fundistas.

TABELA 1 - Variáveis obtidas no teste de “sprints” repetidos.

	Velocistas	Fundistas	Ativos
Tempo total (s)	49,5 ± 0,8	52,6 ± 3,1	55,5 ± 2,6
Tempo do melhor “sprint” (s)	4,50 ± 0,14	5,05 ± 0,36	5,08 ± 0,29
Sdec (%)	8,9 ± 2,1	4,02 ± 2,0	8,4 ± 4,4
Comparação entre grupos (tamanho do efeito e valor de p)			
	Vel vs. Fun	Vel vs. Ati	Fun vs. Ati
Tempo total (s)	-1,2 0,03*	-1,7 < 0,01*	-0,9 0,05*
Tempo do melhor “sprint” (s)	-1,4 < 0,01*	-1,6 < 0,01*	-0,1 0,86
Sdec (%)	1,5 < 0,01*	0,2 0,74	-1,1 < 0,01*

Sdec: queda do desempenho em percentual.
*Diferença significativa entre os grupos (p < 0,05).

Variáveis antropométricas e fisiológicas

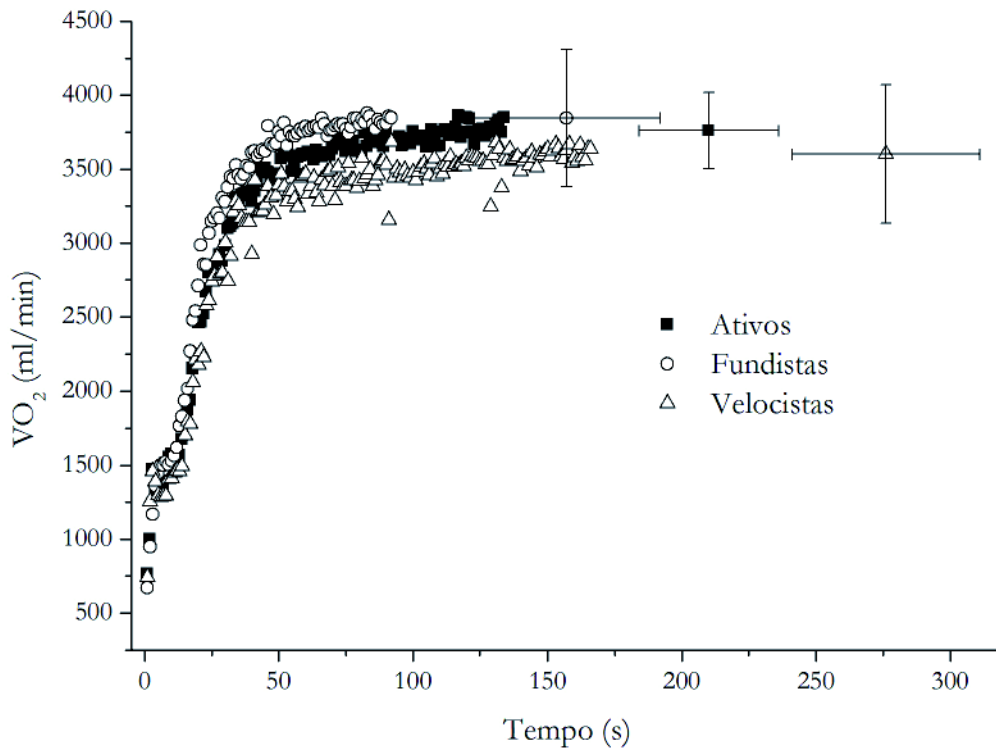
Dentre as variáveis antropométricas apresentadas neste estudo como caracterização, a ANOVA “one-way” não revelou diferença significativa nas variáveis estatura ($p = 0,44$) e massa corporal ($p = 0,12$). Entretanto, a idade dos fundistas foi significativamente maior em relação aos outros dois grupos ($p < 0,01$). As variáveis fisiológicas obtidas no estudo estão apresentadas na TABELA 2. A ANOVA “one-way” revelou diferenças significativas no $VO_2\text{max}$, VAM, Tlim e MAOD ($p < 0,01$). Comparado com velocistas e ativos, fundistas apresentaram valores significativamente maiores no $VO_2\text{max}$ e VAM. Além disso, comparado com velocistas, os sujeitos ativos apresentaram valores significativamente maiores de $VO_2\text{max}$. Por outro lado, velocistas apresentaram valores significativamente superiores de MAOD e Tlim.

O modelo utilizado para descrever a cinética do VO_2 durante o exercício apresentou coeficientes de determinação significativos ($p < 0,01$) entre o VO_2 mensurado e a resposta do modelo para todos os sujeitos ($r^2 = 0,84 \pm 0,1$). Os valores obtidos a partir da cinética do VO_2 durante T110 apresentaram diferenças significativas somente no “tau” ($p < 0,01$) (TABELA 2). Análise de post-hoc revelou que fundistas apresentaram valores inferiores de tau em relação ao grupo velocistas e uma tendência significativa em relação ao grupo ativos. No entanto, a mesma variável não apresentou diferença significativa entre ativos e velocistas. Os valores médios e a comparação entre os grupos das respostas do VO_2 nos sujeitos ativos, fundistas e velocistas durante T110 estão apresentados na FIGURA 2.

TABELA 2 - Variáveis obtidas no teste incremental e no teste a 110% da velocidade aeróbia máxima.

$VO_2\text{max}$: consumo máximo de oxigênio;
VAM: velocidade aeróbia máxima;
 $VO_2\text{base}$: valor basal do consumo de oxigênio;
Tlim: tempo de exaustão a 110% da velocidade aeróbia máxima;
MAOD: máximo déficit acumulado de oxigênio;
A, TD e “tau” são a amplitude, tempo de atraso e a constante de tempo obtidos a partir da cinética do VO_2 ;
*Diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$);
#Valor do p da ANOVA $> 0,05$.

	Velocistas	Fundistas	Ativos
$VO_2\text{max}$ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	51,2 ± 2,6	59,6 ± 2,6	54,9 ± 4,0
VAM (km.h ⁻¹)	14,8 ± 0,8	18,4 ± 1,3	15,4 ± 0,7
Tlim (s)	276 ± 35	157 ± 35	210 ± 26
MAOD (mL.kg ⁻¹)	65,1 ± 7,41	38,8 ± 13,8	41,4 ± 8,9
Cinética do VO_2			
$VO_2\text{base}$ (mL.min ⁻¹)	515 ± 96	447 ± 69	476 ± 78
A (mL.min ⁻¹)	3087 ± 424	3398 ± 452	3285 ± 303
TD (s)	4,5 ± 5,5	8,6 ± 1,9	6,7 ± 1,5
“Tau” (s)	18,4 ± 5,4	11,3 ± 1,9	15,7 ± 3,5
Comparação entre grupos (tamanho do efeito e valor de p)			
	Vel vs. Fun	Vel vs. Ati	Fun vs. Ati
$VO_2\text{max}$ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	-1,6 < 0,01*	-0,9 0,04*	1,2 0,02*
VAM (km.h ⁻¹)	-1,6 < 0,01*	0,8 0,42	1,7 < 0,01*
Tlim (s)	1,7 < 0,01*	1,5 < 0,01*	-1,3 < 0,01*
MAOD (mL.kg ⁻¹)	1,5 < 0,01*	1,6 < 0,01*	-0,2 0,87
Cinética do VO_2			
$VO_2\text{base}$ (mL.min ⁻¹)	0,8 #	0,4 #	-0,4 #
A (mL.min ⁻¹)	-0,7 #	-0,5 #	0,3 #
TD (s)	-0,9 #	-0,5 #	1,0 #
“Tau” (s)	1,3 < 0,01	0,6 0,36	-1,2 0,08



Os valores médios são restringidos ao menor tempo de exaustão registrado em cada grupo. O último ponto de cada grupo representa a média ± desvio padrão do tempo de exaustão e do VO₂ base + amplitude.

FIGURA 2 - Valores médios das respostas do consumo de oxigênio (VO₂) em ativos, fundistas e velocistas durante T110.

Correlações entre as variáveis

Os valores e as magnitudes das correlações do TT e Sdec com as outras variáveis obtidas no estudo são

apresentadas na TABELA 3. O TT foi significativamente correlacionado com o TM e MAOD. Além disso, o Sdec foi significativamente correlacionado com o TM, VO₂max, VAM, MAOD e “tau”.

TABELA 3 - Correlação entre as variáveis do teste de “sprints” repetidos e as variáveis fisiológicas obtidas no estudo.

	TM		VO ₂ max		VAM		MAOD		“Tau”	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
TT	0,85 ^x	< 0,01	0,15	0,50	-0,24	0,25	-0,54 ^y	< 0,01	-0,13	0,53
Sdec	-0,57 ^y	< 0,01	-0,58 ^y	< 0,01	-0,59 ^y	< 0,01	0,48 ^z	0,02	0,45 ^z	0,03

TT: tempo total dos sprints;
 TM: tempo do melhor sprint;
 Sdec: queda do desempenho em percentual;
 VO₂max: consumo máximo de oxigênio;
 VAM: velocidade aeróbia máxima;
 MAOD: máximo déficit acumulado de oxigênio;
 “tau”: constante de tempo primária da cinética do VO₂.
^{x,y,z}: indicam correlação significativa de magnitude muito forte, forte e moderada, respectivamente.

Discussão

O principal objetivo deste estudo foi determinar o modo que variáveis aeróbias e anaeróbias influenciam no desempenho e na fadiga em RS. Para este fim, foram avaliadas variáveis fisiológicas e de desempenho em sujeitos com diferentes perfis de treinamento. Com este delineamento experimental, o presente estudo demonstrou que sujeitos com treinamento anaeróbio (i.e. velocistas) apresentaram melhor desempenho em RS e somente variáveis anaeróbias (i.e. MAOD e tempo do melhor sprint) são correlacionadas com o tempo total em RS. Além disso, o

presente estudo observou que o metabolismo oxidativo, observado pelas variáveis VO₂max e VAM, são fatores que amenizam a fadiga nesse tipo de atividade.

Pesquisas anteriores utilizando sujeitos saudáveis e RS (10 “sprints” de 6 s intercalados por 30 s de recuperação) estimaram que durante o primeiro “sprint”, o sistema glicolítico e os fosfatos de alta energia contribuem com aproximadamente 40% e 46% da produção total de ATP, respectivamente⁸. No entanto, no último “sprint”, a glicólise anaeróbia e a PCr contribuem em aproximadamente

9% e 49% da produção total de ATP⁸. De fato, estas contribuições energéticas durante o exercício alteram dependendo do tipo de sujeito utilizado³⁴, porém as pesquisas acima destacam a importância da capacidade anaeróbia para o desempenho em RS.

O presente estudo demonstrou que a medida amplamente utilizada para analisar a capacidade anaeróbia (i.e. MAOD) foi correlacionada negativamente em uma magnitude forte com o tempo total em RS. Ou seja, quanto maior for o MAOD do sujeito menor será o tempo total do mesmo no teste de RS. Entretanto, WADLEY e LE ROSSIGNOL¹² não encontraram correlação significativa entre MAOD e o desempenho em RS ($r = -0,31$). Estes autores utilizaram jogadores de futebol australiano ($n = 17$) e o teste de RS envolvia 12 “sprints” de 20 m intercalados com 20 s de recuperação. A discrepância entre os resultados são desconhecidas, porém pode estar relacionada ao erro envolvido na medida do déficit de O₂ para distinguir pequenas diferenças em um grupo homogêneo³⁵. Nesse contexto, correlações significativas entre o MAOD e o TT podem aparecer apenas em estudos utilizando grupo de sujeitos que possuem uma dispersão considerável na variável MAOD. Ainda, a falta de especificidade do teste de MAOD aplicado por WADLEY e LE ROSSIGNOL¹², ou seja, teste aplicado em esteira rolante e com uma inclinação de 10%, pode ter reduzido o valor da correlação do estudo.

Deve-se enfatizar que apesar do MAOD ter sido correlacionado com o desempenho em RS, este e outros estudos^{10-11, 23} têm apresentado correlações muito fortes, ou praticamente perfeitas, do TM ou da velocidade máxima de um “sprint” com o desempenho em RS. Portanto, sugerindo que a taxa máxima de produção de ATP é um dos principais mecanismos que explica o desempenho em RS.

É importante destacar que uma consequência inevitável da transferência de energia pelo sistema glicolítico é o fato de, em conjunto com o lactato formado, íons de H⁺ serem também produzidos, causando uma acidose intramuscular³⁶ e queda no desempenho²⁵⁻²⁶. Nesse contexto observamos que, apesar do MAOD ser um determinante do desempenho em RS, esta variável também foi correlacionada com uma magnitude moderada com Sdec em RS. Portanto, o presente estudo destaca que alta transferência de energia anaeróbia, que influencia positivamente no desempenho, é um dos aspectos que causam a fadiga em RS. Baseado nisso, mecanismos relacionados ao aprimoramento do tamponamento desses metabólitos poderiam diminuir a influência da acidose em RS, e consequentemente aprimorar ainda mais o desempenho de atletas¹⁶.

Até o presente momento, alguns estudos têm observado que índices aeróbios como o limiar ventilatório¹⁵, VO₂max^{15, 17, 19}, VAM¹¹, velocidade em que o VO₂max é atingido (vVO₂max)¹³, “tau”¹⁹⁻²⁰ foram correlacionados com o desempenho em RS. No entanto, as variáveis que correlacionam significativamente nem sempre se assemelham entre os diversos estudos, e desta forma, é importante destacar que no atual, e em outros estudos, nenhuma variável aeróbia foi correlacionada com o TT^{10, 12, 16, 21-22, 24}. Este aspecto ocorre principalmente quando as pesquisas utilizam amostras treinadas e que possuíam diferentes características fisiológicas^{16, 24}. Assim, estes resultados sugerem que as variáveis aeróbias podem ser determinantes para o desempenho em RS apenas quando os parâmetros anaeróbios são similares entre os sujeitos. Além disso, as mesmas podem aumentar a sua importância quando uma sequência de RS é realizada^{2, 37}. Por fim, essas conclusões devem ser consideradas levando em consideração o tipo de RS utilizado, uma vez que quanto maior o número de “sprints” no RS, maior a importância dos parâmetros aeróbios para o desempenho no RS^{20, 38}.

Diferentemente do desempenho em RS, a capacidade de resistir à fadiga em RS foi maior nos fundistas e significativamente correlacionado com os parâmetros aeróbios analisados no estudo (i.e. VO₂max, VAM e “tau”). O VO₂max e a VAM apresentaram correlações de magnitude forte com o Sdec. Estes resultados corroboram com diversas pesquisas anteriores^{10-11, 13, 20}, sugerindo que o VO₂max pode aumentar a amplitude do VO₂ durante o RS e, consequentemente, aumentar a contribuição aeróbia em RS³⁸. Ainda, é importante destacar que o aprimoramento desses índices aeróbios parece acelerar a ressíntese de fosfocreatina, bem como, a remoção de metabólitos originados durante os “sprints” (p.ex. H⁺)³⁹⁻⁴⁰, ou seja, aspectos importantes para a atenuação da fadiga em RS^{19, 23}.

O rápido ajuste do VO₂ no início do exercício é outro mecanismo que poderia aumentar a contribuição aeróbia e, consequentemente, reduzir o déficit de O₂ durante o teste de RS. Baseado nisso, alguns estudos, porém não todos¹¹, observaram uma correlação positiva entre o “tau” em exercício submáximo com o Sdec em RS ($r > 0,60$)¹⁹⁻²⁰. De fato, os três estudos destacados anteriormente analisaram a cinética do consumo de oxigênio em intensidades moderadas, porém esta intensidade não apresenta a mesma característica metabólica, bem como, o mesmo ajuste do metabolismo oxidativo que intensidades supramáximas³². Nesse contexto, o presente estudo

utilizou o “tau” em exercício supramáximo (i.e. T110) e encontrou uma correlação significativa, embora de magnitude somente moderada, com o Sdec.

Em resumo, o presente estudo mostrou que velocistas apresentaram um melhor desempenho em RS e que o tempo total em RS é somente correlacionado com variáveis anaeróbias, portanto demonstrando

que o desenvolvimento das características anaeróbias são os principais fatores a se aprimorar para melhorar o desempenho em RS. Além disso, o presente estudo destacou que fundistas apresentam uma menor fadiga em RS e que esta variável é principalmente atenuada pelo aprimoramento das variáveis aeróbias VO_{2max} e VAM.

Abstract

Influence of aerobic and anaerobic variables on repeated sprint test

This study aimed to determine the manner and degree to which aerobic and anaerobic variables influence repeated running sprint performance and ability. Twenty four males (sprinters = 8, endurance runners = 8 and physical active subjects = 8) performed in a synthetic track the following tests: 1) incremental test to determine the VO_{2max} and the maximum aerobic velocity (MAV); 2) constant velocity test performed at 110% of MAV to determine the VO_{2} kinetics and the maximum accumulated oxygen deficit (MAOD); 3) repeated sprint test (10 sprints of 35-m interspersed by 20s) to determine sprint total time (TT), best sprint time (TM) and score decrement (Sdec). Between-groups comparisons and the correlations between variables were analyzed by one-way ANOVA with a Tukey post-hoc tests and Pearson correlation, respectively. TT was significantly different among all groups (sprinters = 49.5 ± 0.8 s; endurance = 52.6 ± 3.1 s; active = 55.5 ± 2.6 s) and Sdec was significantly lower in endurance runners as compared with sprinters and physical active subjects (sprinters = $8.9 \pm 2.1\%$; endurance = $4.0 \pm 2.0\%$; active = $8.4 \pm 4.4\%$). TT correlated significantly with TM ($r = 0.85$, $p < 0.01$) and MAOD ($r = -0.54$, $p < 0.01$). Moreover, Sdec was significantly correlated with aerobic parameters (VO_{2max} , $r = -0.58$, $p < 0.01$; MAV, $r = -0.59$, $p < 0.01$; time constant tau, $r = 0.45$, $p = 0.03$). In conclusion, although the aerobic parameters have an important contribution to RS ability, RS performance is mainly influenced by anaerobic parameters.

KEY WORDS: Athletic performance; VO_{2} kinetics; Maximum accumulated oxygen deficit; Sprinters; Endurance runners; Physical Education; Training.

Referências

1. Buchheit M, Mendez-villanueva A, Simpson BM, Bourdon PC. Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med.* 2010;31:709-16.
2. Carling C, Le Gall F, Dupont G. Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *J Sports Sci.* 2012;30:325-36.
3. Gray AJ, Jenkins DG. Match analysis and the physiological demands of Australian football. *Sports Med.* 2010;40:347-60.
4. McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. Performance analysis of elite Rugby League match play using global positioning systems. *J Strength Cond Res.* 2011;25:1703-10.
5. Spencer M, Lawrence S, Rechichi C, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Time-motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity. *J Sports Sci.* 2004;22:843-50.
6. Spencer M, Rechichi C, Lawrence S, Dawson B, Bishop D, Goodman C. Time-motion analysis of elite field hockey during several games in succession: a tournament scenario. *J Sci Med Sport.* 2005;8:382-91.
7. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 2005;35:501-36.
8. Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med.* 2011;41:673-94.
9. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med.* 2005;35:1025-44.

10. Dupont G, McCall A, Prieur F, Millet GP, Berthoin S. Faster oxygen uptake kinetics during recovery is related to better repeated sprinting ability. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110:627-34.
11. Buchheit M. Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. *Int J Sports Med.* 2012;33:230-9.
12. Wadley G, Le Rossignol P. The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems. *J Sci Med Sport.* 1998;1:100-10.
13. da Silva JF, Guglielmo LG, Bishop D. Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2115-21.
14. Beneke R, Pollmann C, Bleif I, Leithauser RM, Hutler M. How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? *Eur J Appl Physiol.* 2002;87:388-92.
15. Bishop D, Edge J, Goodman C. Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur J Appl Physiol.* 2004;92:540-7.
16. Edg EJ, Bishop D, Hill-Haas S, Dawson B, Goodman C. Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96:225-34.
17. Bishop D, Edge J. Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance. *Eur J Appl Physiol.* 2006;97:373-9.
18. Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol.* 1993;75:712-9.
19. Rampinini E, Sassi A, Morelli A, Mazzoni S, Fanchini M, Coutts AJ. Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009;34:1048-54.
20. Dupont G, Millet GP, Guinhouya C, Berthoin S. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95:27-34.
21. Mendez-Villanueva A, Hamer P, Bishop D. Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol.* 2008;103:411-9.
22. Aziz AR, Mukherjee S, Chia MY, Teh KC. Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2007;47:401-7.
23. Ufland P, Ahmaidi S, Buchheit M. Repeated-sprint performance, locomotor profile and muscle oxygen uptake recovery: effect of training background. *Int J Sports Med.* 2013;34:924-30.
24. Hamilton AL, Nevill ME, Brooks S, Williams C. Physiological responses to maximal intermittent exercise: differences between endurance-trained runners and games players. *J Sports Sci.* 1991;9:371-82.
25. Allen DG, Westerblad H. Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *J Physiol.* 2001;536:657-65.
26. Hermansen L, Osnes JB. Blood and muscle pH after maximal exercise in man. *J Appl Physiol.* 1972;32:304-8.
27. Hopkins WG. Estimating Sample Size for Magnitude-Based Inferences. *Sportscience.* 2006;10:63-70.
28. Gaitanos GC, Nevill ME, Brooks S, Williams C. Repeated bouts of sprint running after induced alkalosis. *J Sports Sci.* 1991;9:355-70.
29. Glaister M, Stone MH, Stewart AM, Hughes M, Moir GL. The reliability and validity of fatigue measures during short-duration maximal-intensity intermittent cycling. *J Strength Cond Res.* 2004;18:459-62.
30. Lamarra N, Whipp BJ, Ward SA, Wasserman K. Effect of interbreath fluctuations on characterizing exercise gas exchange kinetics. *J Appl Physiol.* 1987;62:2003-12.
31. Whipp BJ, Rossiter HB. The kinetics of oxygen uptake: physiological inferences from the parameters. In: Jones AM, Poole DC, editors. *Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine.* London: Routledge; 2005. p.62-94.
32. Ozyener F, Rossiter HB, Ward SA, Whipp BJ. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *J Physiol.* 2001;533:891-902.
33. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:3-13.
34. Gastin PB, Lawson DL. Influence of training status on maximal accumulated oxygen deficit during all-out cycle exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1994;69:321-30.
35. Doherty M, Smith PM, Schroder K. Reproducibility of the maximum accumulated oxygen deficit and run time to exhaustion during short-distance running. *J Sports Sci.* 2000;18:331-8.
36. Juel C. Lactate-proton cotransport in skeletal muscle. *Physiol Rev.* 1997;77:321-58.
37. Mendez-Villanueva A, Edge J, Suriano R, Hamer P, Bishop D. The recovery of repeated-sprint exercise is associated with PCR resynthesis, while muscle pH and EMG amplitude remain depressed. *PLoS One.* 2012;7:e51977.

38. McGawley K, Bishop DJ. Oxygen uptake during repeated-sprint exercise. *J Sci Med Sport*. 2015;18:214-8.
39. McMahon S, Jenkins D. Factors affecting the rate of phosphocreatine resynthesis following intense exercise. *Sports Med*. 2002;32:761-84.
40. Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*. 2001;31:1-11.

Agradecimentos

Nós gostaríamos agradecer a todos os participantes pela contribuição ao estudo. Nós também gostaríamos agradecer a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo aporte financeiro, tão quanto, o SESI/SC (Serviço Social da Indústria de Santa Catarina), Heitor Sales, Fabio Cardoso e James Curtipassi por seus auxílios técnicos.

ENDEREÇO

João Raimundo
Laboratório de Pesquisa em Desenvolvimento Humano
Centro de Ciências da Saúde e do Esporte
Universidade do Estado de Santa Catarina
R. Pascoal Simone, 358
88080-350 - Florianópolis - SC - BRASIL
e-mail: joaoagresser@hotmail.com

Recebido para publicação: 18/09/2014

1a. Revisão: 07/01/2015

2a. Revisão: 26/02/2015

3a. Revisão: 10/06/2015

Aceito: 24/08/2015