

**Artigo original**

Karin Ayumi Matsushigue¹
Henry Christian Schneck¹
Luis Fernando Hoianaski¹
Emerson Franchini²

DESEMPENHO EM EXERCÍCIO INTERMITENTE MÁXIMO DE CURTA DURAÇÃO: RECUPERAÇÃO ATIVA VS PASSIVA

PERFORMANCE IN ALL-OUT INTERMITTENT SHORT-DURATION EXERCISE BOUTS: ACTIVE VS PASSIVE RECOVERY

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência do tipo de recuperação sobre o desempenho em exercício intermitente. Quinze sujeitos do gênero masculino realizaram exercícios intermitentes em duas ocasiões. O exercício intermitente consistiu na repetição de dez blocos de 10 s de esforço máximo, intercalados com 30 s de pausa ativa ou passiva. Os blocos de esforço foram realizados na carga correspondente a 7,5% da massa corporal e separados por 30 s de recuperação ativa, na carga de 1 kp e na frequência de pedal de 60 rpm ou por 30 s de repouso sentado no banco do cicloergômetro na recuperação passiva. A Potência de Pico e a Potência Média de cada bloco de esforço foram obtidas. Foi realizado ajuste exponencial sobre os dez valores de Potência de pico e de Potência Média, e também foi determinado o Índice de Fadiga. Para a comparação entre os tipos de recuperação e entre os blocos de esforço foi realizada a Anova a dois fatores para medidas repetidas. Foi adotado o nível de significância de 0,05. Não houve diferença significativa entre a recuperação ativa e passiva para a Potência de Pico ($9,0 \pm 1,3$ vs $9,2 \pm 1,3$ W.kg⁻¹, $p=0,11$), Potência Média ($7,3 \pm 1,3$ vs $7,1 \pm 1,2$ W.kg⁻¹, $p=0,08$), Índice de Fadiga da Potência de Pico (29 ± 9 vs 27 ± 8 %, $p=0,13$) e Índice de Fadiga da Potência Média (34 ± 11 vs 34 ± 10 %, $p=0,43$). Conclui-se que o tipo de recuperação não influencia o desempenho intermitente em blocos de esforço de curta duração e alta intensidade.

Palavras-chave: Exercício máximo; Potência de pico; Índice de fadiga; Desempenho; Exercício repetido.

ABSTRACT

The purpose of this study was to verify the influence of recovery type on intermittent exercise performance. Fifteen physically active male subjects performed two intermittent exercises on two occasions. The intermittent exercises involved ten all-out 10-s cycling sprints interspersed with 30 seconds of active or passive recovery. The sprint bouts were carried out on an cycle ergometer, loaded to 0.075 kp.kg⁻¹ of body mass and were separated either by 30 seconds of active recovery at a work rate of 1 kp and at a frequency of 60 rpm or by 30 seconds of rest on the cycle saddle. Peak and Mean power output were recorded for each of the ten bouts. An exponential regression curve was fitted to the ten Peak Power and the ten Mean Power points and a Fatigue Index was determined. Two-way ANOVA for repeated measures was used to compare bouts and recoveries. Statistical significance was set at $p < 0.05$. There were no significant differences between passive and active recovery in terms of Peak Power (9.0 ± 1.3 vs. 9.2 ± 1.3 W.kg⁻¹, $p=0.11$), Mean Power (7.3 ± 1.3 vs. 7.1 ± 1.2 W.kg⁻¹, $p=0.08$), Fatigue Index for Peak Power (29 ± 9 vs. 27 ± 8 %, $p=0.13$) or Fatigue Index for Mean Power (34 ± 11 vs. 34 ± 10 %, $p=0.43$). Therefore, during short bouts of high-intensity intermittent exercise, active recovery does not seem to improve performance. These results suggest that performance during short bout of high-intensity intermittent exercise is not influenced by recovery type.

Key words: All-out exercise; Peak power; Fatigue index; Performance; Repeated cycle sprint.

¹ Grupo de Pesquisa em Rendimento Esportivo – PUC-PR, Brasil

² Escola de Educação Física e Esporte - USP

INTRODUÇÃO

Atividades esportivas intermitentes são, usualmente, caracterizadas pela alternância de movimentos explosivos de curtíssima duração (períodos de esforço) com movimentos de baixa potência ou com instantes sem atividade (períodos de pausa). Nestes esforços com máxima produção de potência, a transferência de energia deve ocorrer em taxas orgânicas máximas, o que torna a creatina fosfato (PCr) um substrato importante no fornecimento de energia, e a sua disponibilidade um fator limitante na produção de potência neste tipo de atividade¹. Em contrapartida à alta potência, o sistema alático apresenta baixa capacidade metabólica, o que não possibilita a manutenção da taxa da produção de potência por mais que poucos segundos. Assim, a realização de exercícios que envolvem a repetição de blocos de esforço de alta intensidade e curta duração depende da ressíntese adequada de PCr durante os períodos de pausa para a manutenção do desempenho, ou até para garantir a continuidade das repetições. A ressíntese de PCr ocorre na reação inversa à sua hidrólise, ou seja, há a utilização de adenosina trifosfato (ATP), o qual é proporcionado pelo sistema oxidativo².

Nesse sentido, se por um lado, pode-se esperar que a recuperação ativa, através da manutenção da atividade do sistema oxidativo e do fluxo sanguíneo elevados em relação à recuperação passiva, beneficiaria a ressíntese de PCr, por outro lado, a taxa de hidrólise de PCr também seria superior à situação de repouso e, portanto, não resultaria em maiores concentrações de PCr. Também se especula que durante a recuperação ativa uma importante proporção do ATP mitocondrial esteja atendendo à demanda do trabalho mecânico³, em prejuízo do processo de ressíntese de PCr.

A utilização de recuperação ativa após exercício intenso de predominância glicolítica tem sido amplamente analisada. Alguns estudos têm indicado que apesar da recuperação ativa resultar em maior remoção do lactato sanguíneo, esse procedimento não ocasiona melhor desempenho em exercício subsequente de alta intensidade^{4,5}, especialmente quando o tempo de recuperação é superior a 15 min.

Com relação à interferência da recuperação ativa sobre exercícios intermitentes com blocos de esforço de duração inferior a 30 s, os estudos não têm apresentado resultados convergentes. Dupont et al.^{6,7} observaram que o tempo para a exaustão em blocos de 15 s de esforço intercalados com 15 s de pausa foi maior quando a pausa foi passiva do que quando os indivíduos realizaram a pausa ativa. Por outro lado, Spencer et al.⁸ demonstraram não haver diferença significativa entre os dois tipos de recuperação no desenvolvimento da potência de pico em seis blocos máximos de 4 s com 21 s de pausa, mas que, em relação a outras variáveis de desempenho a recuperação ativa conduz a piores resultados. Contrariando esses resultados, Signorile et al.⁹ verificaram que a recuperação ativa aperfeiçoa o desempenho em exercício composto de oito repetições de 6 s de esforço seguidos de 30 s de pausa.

Além das diferentes variáveis de desempenho consideradas, esta divergência está, provavelmente, relacionada às diferentes respostas fisiológicas e mecânicas decorrentes dos diferentes protocolos utilizados. A duração dos períodos de esforço, inferiores a 6 s, adotada nos estudos de Signorile et al.⁹ e Spencer et al.⁸ pode não garantir a observação da potência de pico, embora seja mais próximo aos valores observados em diferentes modalidades esportivas¹⁰. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi comparar a influência do tipo de recuperação (ativa e passiva) sobre o desempenho máximo e médio em atividade intermitente de dez repetições de 10 s de esforço com 30 s de pausa.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram sujeitos deste estudo 15 indivíduos do gênero masculino que mantinham atividade física periódica com ênfase nos membros inferiores há no mínimo seis meses. Eles possuíam idade média de $23,1 \pm 3,9$ anos e massa corporal de $74,7 \pm 8,3$ kg. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética local. Após a assinatura do consentimento informado, os sujeitos foram submetidos a duas situações de teste, realizados em dois dias diferentes com intervalo mínimo de 48 horas e máximo de 10 dias.

Cada situação de teste consistiu na realização de um protocolo de exercício intermitente em cicloergômetro (Cefise, Nova Odessa, Brasil) com pausas passivas (RP) ou pausas ativas (RA). A seqüência entre RP e RA foi determinada aleatoriamente entre os sujeitos. No primeiro dia de avaliação, a massa corporal do sujeito foi aferida e a altura do banco determinada, sendo essas informações mantidas para o segundo dia de avaliação. Após um período de aquecimento de cinco minutos realizado na carga de 0,5 kp e mantendo uma freqüência no pedal de 60 rpm, os sujeitos realizaram 10 tiros máximos (maior freqüência de pedal possível) com 10 segundos de duração realizados na carga correspondente a 7,5% da massa corporal e intercalados por 30 segundos de pausa passiva ou ativa, determinando uma relação esforço e pausa de 1:3 (E:P). Na situação RP, os sujeitos permaneceram sentados no cicloergômetro sem nenhuma atividade dos membros inferiores. Na situação RA, os sujeitos mantiveram 60 rpm de freqüência no pedal na carga correspondente a 1 kp de resistência (conforme sugerido por Dupont et al.⁶), correspondente a $1,4 \pm 0,2$ % da massa corporal dos sujeitos. Para as duas situações os sujeitos iniciavam cada bloco de esforço a partir da condição sem movimento.

Os sensores posicionados em distâncias fixas no cicloergômetro, acoplados ao programa Ergometric 6.0 (Cefise, Nova Odessa, Brasil) permitiram a obtenção da potência gerada a cada segundo (Pi). A partir destas informações foram definidas a potência máxima (PP), a potência média (PM) e a diminuição da produção de potência, em porcentagem, entre a PP e a potência gerada no décimo segundo de cada bloco de esforço ($PP - P_{10} / PP$).

Sobre os valores individuais de PP de todos os blocos para cada uma das situações e sobre os valores de PM para cada uma das situações foram realizados ajustes lineares (Equação 1) e exponenciais (Equação 2)

$$y = a \cdot \text{bloco} + c; \quad (\text{Equação 1})$$

onde a é o coeficiente angular e c é o coeficiente linear;

$$y = A \cdot (e^{(\text{bloco}/\text{tau})}) + C; \quad (\text{Equação 2})$$

onde A é a constante de amplitude, C é a constante de base e tau é a constante de alteração.

Os índices de fadiga (IF) para PP e para PM foram determinados pela diferença entre os valores preditos para o décimo e para o primeiro bloco através da função exponencial.

A comparação entre as situações e entre os blocos de esforço foi realizada através da Análise de Variância (ANOVA) para medidas repetidas com dois fatores (situações e blocos), considerando a análise de esfericidade. Quando observada diferença significativa para um fator ou para a interação foi realizado o teste post-hoc Tukey. Para a comparação entre as variáveis médias (Índice de fadiga, Coeficientes de determinação dos ajustes exponencial e linear) foi realizado o teste-t de Student pareado. A análise de correlação entre as variáveis foi feita através do teste de correlação de Pearson. Para todas as análises foi adotado o nível de significância de 5%. As análises foram realizadas em pacote estatístico SPSS (Chicago, USA).

RESULTADOS

A repetição dos blocos de esforço conduziu a uma diminuição significativa tanto da PP (Figura 1 - $p < 0,01$) quanto da PM (Figura 2 - $p < 0,01$), independentemente do tipo de recuperação. A diminuição da produção de potência foi mais representativa nos cinco primeiros blocos de esforço, visto que, o primeiro bloco apresenta diferença significativa com todos os blocos tanto para PP quanto para PM, do segundo ao quinto bloco. No geral, do 2º ao 5º blocos observou-se diferença significativa com todos os demais blocos exceto com o bloco imediatamente adjacente anterior ou posterior, enquanto a partir do sexto bloco de esforço, não há diferença significativa com os blocos posteriores. Portanto, a produção de potência nesse exercício intermitente de alta intensidade apresentou característica exponencial decrescente, ou seja,

alta taxa de diminuição da potência nos primeiros cinco blocos de esforço e baixa taxa de diminuição da potência a partir deste bloco, com tendência à manutenção da potência nos blocos finais.

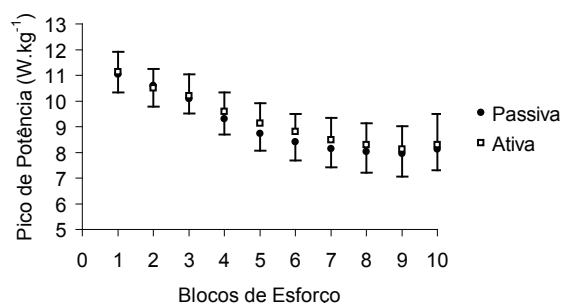


Figura 1. Pico de Potência relativa ($W.kg^{-1}$) desenvolvida para cada bloco de esforço na recuperação passiva (●) e na recuperação ativa (□). Os valores são médias e desvios-padrão. ($p=0,11$ entre os tipos de recuperação; $p < 0,01$ para o fator blocos; $p=0,34$ para interação).

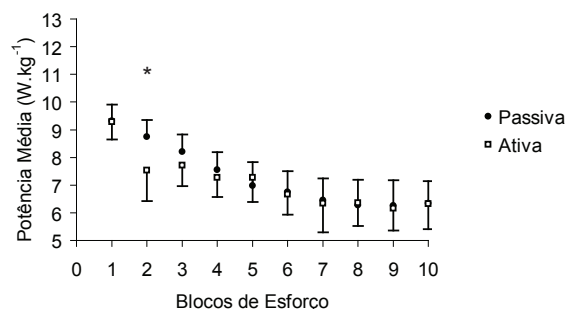


Figura 2. Potência Média relativa ($W.kg^{-1}$) desenvolvida para cada bloco de esforço na recuperação passiva (●) e na recuperação ativa (□). Os valores são médias e desvios-padrão. ($p=0,08$ entre os tipos de recuperação; $p < 0,01$ para o fator blocos; $p < 0,01$ para interação). *Diferença significativa com o bloco correspondente da recuperação ativa ($p < 0,01$).

De fato, o ajuste exponencial apresentou maiores ($p < 0,01$) coeficientes de determinação que o ajuste linear, tanto sobre os valores de PP (exponencial = $0,92 \pm 0,08$; linear = $0,83 \pm 0,12$) quanto sobre os valores de PM (exponencial = $0,87 \pm 0,12$; linear = $0,72 \pm 0,23$) obtidos ao longo do exercício intermitente. Na Tabela 1 estão apresentados os coeficientes do ajuste exponencial, assim como o coeficiente angular do ajuste linear. O coeficiente angular da PM foi maior ($p < 0,05$) na RP em relação à RA.

Tabela 1. Coeficientes de ajuste exponencial e linear sobre os valores absolutos de PP e de PM.

	Coef A (W)	Tau (bloco)	Coef C (W)	Coef angular ($W.bloco^{-1}$)
PP Passiva	383 ± 149	$5,7 \pm 2,8$	517 ± 153	$-26,3 \pm 7,2$
PP Ativa	380 ± 148	$6,1 \pm 5,4$	536 ± 155	$-25,0 \pm 10,5$
PM Passiva	368 ± 114	$5,8 \pm 3,5$	393 ± 111	$-25,8 \pm 6,8^*$
PM Ativa	413 ± 177	$4,2 \pm 4,0$	399 ± 165	$-21,0 \pm 9,7$

Os valores são média e desvio padrão. Coef A=coeficiente de amplitude, Tau=constante de alteração e Coef C=coeficiente de base do ajuste exponencial. Coef angular=coeficiente angular do ajuste linear. *Diferença significativa ($p=0,01$) com a situação da recuperação ativa.

Contudo, a realização do exercício intermitente com pausas ativas ou com pausas passivas não resultou em produção de potências diferentes, seja para a potência de pico (Figura 3 - $p=0,11$) ou para a potência média (Figura 3 - $p=0,08$). No entanto, observou-se a tendência a uma menor potência média quando foi realizada pausa ativa entre os blocos de esforço. Esta tendência está, provavelmente, relacionada a uma diferença significativa ($p<0,01$) observada quando a análise foi restrita aos cinco primeiros blocos. Neste sentido, a PM dos cinco primeiros blocos na recuperação ativa ($584,3 \pm 103,7$ W) foi significativamente menor que a PM dos cinco primeiros blocos na recuperação passiva ($610,1 \pm 100,9$ W). Diferentemente do observado para os demais blocos, a PM do segundo bloco do exercício realizado com pausa ativa foi significativamente menor ($p<0,01$) que a PM do bloco correspondente da pausa passiva, tanto na PM absoluta quanto para a PM relativa (Figura 2). Oito sujeitos apresentaram uma diminuição mais acentuada da potência média do segundo bloco seguida pelo desenvolvimento de maior potência média no terceiro bloco. O trabalho total, considerando todos os blocos juntos, correspondeu a $54,6 \pm 7,9$ kJ e $53,1 \pm 7,5$ kJ para a recuperação passiva e ativa, respectivamente.

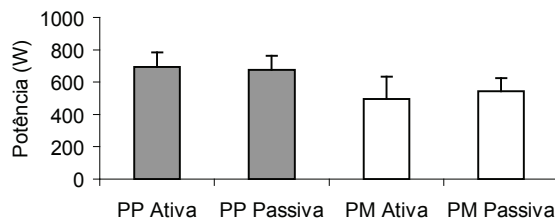


Figura 3. Pico de Potência (barras cheias) e Potência Média (barras vazias) absolutos (W) nos dez blocos. Os valores são médias e desvios-padrão.

Da mesma forma, não houve diferença significativa do índice de fadiga resultante da repetição dos blocos entre a recuperação passiva e a recuperação ativa tanto em relação à PP (Figura 4 - $p=0,48$) quanto em relação à PM (Figura 4 - $p=0,58$).

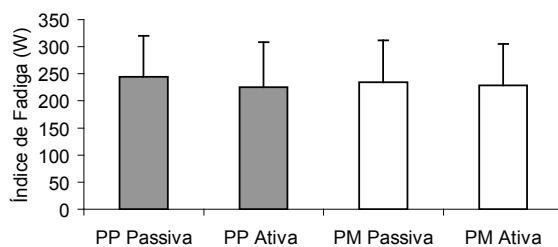


Figura 4. Índice de Fadiga absoluto determinado pela diferença entre os valores preditos pelo ajuste exponencial para o primeiro e último blocos de esforço. Os valores são médias e desvios-padrão.

Em relação ao processo de fadiga dentro de cada bloco de esforço, observou-se que a partir da PP há a diminuição progressiva dos valores de potência de cada segundo (P_i) (Figura 5), sendo que a diferença entre a PP e a potência gerada no décimo segundo ($PP-P_{10}$) aumentou significativamente (Figura 6 - $p<0,01$) com a repetição dos blocos. Novamente, detectou-se uma tendência ($p=0,08$) da $PP-P_{10}$ ser menor quando o exercício intermitente foi realizado com pausas ativas (Figura 6), o que indica que há menor diminuição da P_i após a potência de pico, nessa situação. O tempo médio para alcançar a potência de pico foi de $4,8 \pm 0,9$ s considerando todos os blocos na recuperação passiva, enquanto nos blocos de esforço da situação de recuperação ativa foi de $5,7 \pm 1,1$ s.

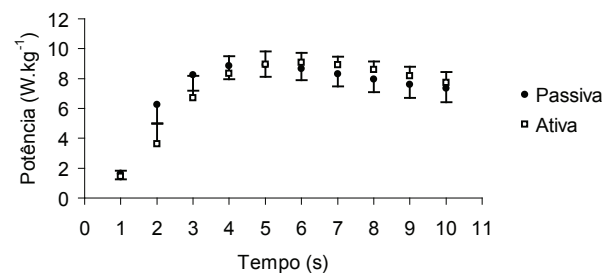


Figura 5. Potência relativa ($W.kg^{-1}$) gerada a cada segundo para os 10 blocos na recuperação ativa (□) e passiva (●). Os valores são médias e desvios-padrão. ($p=0,10$ entre os tipos de recuperação; $p<0,01$ para o tempo; $p=0,14$ para interação)

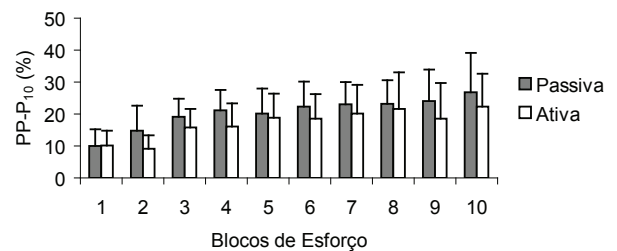


Figura 6. Porcentagem de diminuição entre a PP e a Potência do décimo bloco de esforço (P_{10}) de cada bloco de esforço, na situação com recuperação passiva (barras cheias) e recuperação ativa (barras vazias). Os valores são médias e desvios-padrão. ($p=0,08$ entre os tipos de recuperação; $p<0,01$ para o fator blocos; $p=0,50$ para interação)

Não houve correlação significativa entre a PP do primeiro bloco de esforço com o Índice de fadiga para a situação passiva ($p=0,27$). No entanto, na situação com a recuperação ativa foi observada correlação significativa ($r=0,68$; $p=0,03$), indicando que os sujeitos que apresentaram a maior potência no primeiro bloco também apresentaram maior perda de potência com a repetição dos esforços, quando a pausa entre esses era ativa.

DISCUSSÃO

Sabe-se que a relação entre potência e duração do esforço é hiperbólica, o que representa que para a faixa de alta produção de potência o tempo em que a atividade pode ser mantida é substancialmente pequeno, com cerca de poucos segundos. No presente estudo, a incapacidade na manutenção da potência produzida já foi verificada na realização de um único bloco de esforço de 10 s, sendo que a diminuição da produção de potência ocorre a partir do alcance da PP (Figura 5), o que corresponde em média ao quinto segundo de exercício. A causa e o sítio de fadiga em exercício intenso ainda não estão definidos, no entanto, Sahlin et al.¹ afirmam que os primeiros sinais de fadiga estão relacionados com uma substancial diminuição na PCr muscular. De fato, no estudo de Hirvonen et al.¹¹ foi observado que a diminuição da velocidade de corrida na prova de 100 m rasos, no atletismo, estava relacionada à depleção significativa da PCr, ocorrendo próximo a 5 e 7 s de atividade. De forma similar, no estudo de Bangsbo et al.¹² verificou-se que a maior taxa de degradação de PCr ocorre nos primeiros 5 s de exercício. Ambos corroboram com o tempo para diminuição da produção de potência observado no presente estudo. Hirvonen et al.¹¹ acreditam que a disponibilidade de substrato não é mais suficiente para saturação da enzima CK (creatina quinase) a partir do instante de observação da diminuição da velocidade de corrida. Dessa forma, supõe-se que a duração de um único período de esforço, adotado no presente estudo, proporciona uma importante depleção da PCr.

A recuperação da PCr após exercício, assim como a resposta de depleção de PCr, apresenta característica exponencial, o que determina uma alta taxa de ressíntese de PCr nos primeiros segundos da recuperação. No entanto, o retorno da PCr aos valores de repouso pode levar vários minutos^{12,13,14}, independentemente da quantidade total depleta ou da duração do exercício¹³. Tem sido observado, através de biópsia ou de RNM^{31P}, valores de constante de tempo da recuperação da PCr que variam aproximadamente entre 23 s a 45 s^{15,16} ou de meio tempo ($t_{1/2}$) com variação aproximada entre 12 s a 26 s^{14,17} após diversos tipos de exercício e para diferentes características de sujeitos. Tais valores de constante de tempo ou de $t_{1/2}$ apontam que a PCr não retorna aos níveis pré-exercício em 30 s de recuperação. Considerando que a quantidade total de PCr é determinante para a recuperação da potência, observou-se, no presente estudo, que tanto a PP (Figura 1) quanto a PM (Figura 2) do segundo bloco de esforço foram significativamente menores que a PP e PM no primeiro bloco. Este resultado reforça a hipótese de que 30 s de pausa não foi suficiente para uma importante recuperação da PCr após 10 s de esforço máximo. Interessantemente, após a recuperação ativa houve uma diminuição muito mais acentuada da PM no segundo bloco do que na situação de recuperação passiva (Figura 2), sendo este, o único bloco que apresentou diferença significativa entre blocos correspondentes dos diferentes tipos de recuperação. É importante salientar que oito sujeitos apresentaram maior desenvolvimento de PM no terceiro bloco em relação ao segundo bloco na recuperação ativa. Fato semelhante

foi observado por Toubekis et al.¹⁵ em seu estudo, com diminuição da velocidade de nado entre o primeiro e o segundo tiro de 25 m de natação após recuperação ativa de 45 s ou de 120 s, mas sem observar esta mesma característica após a recuperação passiva. Para os autores, o aumento no acúmulo de fosfato inorgânico (Pi) pode ser o responsável por esta resposta, no entanto não fica claro o motivo da diferença entre a recuperação passiva e a recuperação ativa. Uma possível explicação para essa diferença, seria a lenta resposta de aumento da atividade do sistema oxidativo, responsável pelo processo de ressíntese de PCr, resultando em uma menor taxa de ressíntese de PCr durante o primeiro período de recuperação ativa, ocasionando maior déficit de PCr no início do segundo bloco. Já no início dos blocos subseqüentes, o déficit de PCr seria amenizado, uma vez que a atividade do sistema oxidativo ao início de cada bloco seria maior.

Com a continuidade da repetição do bloco de 10 s de esforço máximo observou-se a diminuição significativa da PP (Figura 1) e da PM (Figura 2) nas primeiras cinco repetições, e a partir do sexto bloco de esforço as PP e as PM de cada bloco não eram diferentes significativamente entre si. Essa característica indica uma diminuição exponencial da produção de potência no protocolo adotado no presente estudo. É possível observar nos dados de Glaister et al.¹⁹, com protocolo de 20 x 5 s de esforço máximo, intercalado com 10 s de pausa passiva (1:2), também resultou na diminuição exponencial da potência média, enquanto o protocolo de 20 x 5 s com 30 s de pausa passiva (1:6) conduziu a uma diminuição linear da potência média. Resultado similar ocorreu no protocolo de 10 x 6 s de esforço máximo, com 30 s de pausa passiva (1:5), adotado por Gaitanos et al.²⁰. No presente estudo, a análise comparativa confirmou que a característica de diminuição de potência é melhor representada pelo ajuste exponencial. No entanto, ressalta-se que o coeficiente de determinação (R^2) sempre se apresentou inferior para os dados da situação RA, tanto para o ajuste exponencial quanto para o ajuste linear, em especial para os dados de PM. Conjuntamente, o perfil de diminuição de potência, observável nestes estudos, aponta que a definição do padrão como linear ou exponencial deve estar mais vinculada à relação E:P do que a duração do esforço ou da pausa isoladamente. Portanto, recuperações com somente o dobro ou triplo de tempo de pausa em relação ao tempo do esforço máximo não promovem recuperação suficiente, resultando numa diminuição acentuada da potência nos blocos iniciais. Da mesma forma como durante exercícios contínuos de alta intensidade, a etiologia da fadiga muscular em função da repetição destes esforços continua não definida, mas a disponibilidade de PCr e o acúmulo de fosfato inorgânico parecem ser os determinantes mais prováveis¹⁰. O acúmulo de potássio no interstício também tem sido apontado como um mecanismo de fadiga em atividades de alta intensidade²¹ e pode estar relacionado ao processo de fadiga em atividades intermitentes, em função da lenta recuperação do potássio intracelular²². Embora a acidose tenha sido apontada como possível mecanismo de fadiga em atividades intermitentes intensas, o presente

estudo parece não corroborar com esta hipótese, uma vez que a diminuição da potência acontece nas primeiras repetições e não nas últimas, quando a alteração de pH deve ser mais significativa (de acordo com os dados observados em Gaitanos et al.²⁰). Para Gaitanos et al.²⁰, a diminuição da potência em exercício intermitente (10 x 6 s: 30 s) está relacionada à diminuição da produção de ATP pela degradação de glicogênio e não pela PCr, uma vez que os autores acreditam que a PCr recupera suficientemente em 30 s para manter uma contribuição importante até o décimo bloco. Por outro lado, Balsom et al.²³, utilizando protocolo com mesma duração de esforços e pausas que o estudo de Gaitanos et al.²⁰, observaram que a menor quantidade de glicogênio diferenciava a capacidade de produção de potência somente a partir do 12º bloco de esforço em relação à situação de maior oferta de glicogênio. Parece adequado apontar que os processos de fadiga estão relacionados diretamente à característica do exercício intermitente. Dessa forma, um protocolo de 6 s de esforço intercalado com 30 s de pausa não apresentaria os mesmos processos de fadiga que o protocolo adotado no presente estudo. Assim, a característica exponencial de diminuição da produção de potência observada no presente estudo pode estar relacionada a um possível perfil exponencial da quantidade inicial de PCr para cada bloco de esforço, considerando a incapacidade de recuperação plena da PCr nos 30 s de intervalo.

A hipótese que a recuperação ativa possa conduzir a melhores produções de potência durante esforços repetidos reside na relação de dependência do processo de ressíntese de PCr com a atividade do sistema oxidativo²⁴ ou na verificação que a recuperação ativa conduz a maiores taxas de remoção de hidrogênio. Da mesma maneira que as adaptações centrais ou periféricas decorrentes do treinamento aeróbio estariam relacionadas a maiores taxas de ressíntese de PCr^{14,16,25,26}, o maior fluxo sanguíneo local e a maior atividade do sistema oxidativo durante a recuperação ativa conduziriam a condições otimizadas para a ressíntese de PCr, postergando a sua depleção significativa ao longo da repetição dos esforços. O aperfeiçoamento do desempenho com a execução de pausa ativa foi observado nos estudos de Signorile et al.⁹ e de Bogdanis et al.²⁷; enquanto a pausa passiva resultou em melhores desempenhos nos estudos de Dupont et al.^{6,7} e no estudo de Toubekis et al.¹⁸. Diferentemente, o presente estudo aponta, de uma maneira geral, que não há diferença entre os tipos de pausa. O estudo de Spencer et al.⁸ também não observou diferença na PP entre o exercício com recuperação passiva e ativa, por outro lado, foi identificado que a recuperação ativa resultou em maior diminuição da produção de potência, contrariamente ao observado no presente estudo (Figura 4). Bogdanis et al.²⁷ observaram que a recuperação ativa resultou em maior potência média nos 6 s iniciais, enquanto nos últimos 20 s não havia diferença entre os tipos de pausa, indicando que a influência do tipo de recuperação possa ser diferenciada ao longo do tempo de exercício. No presente estudo, embora não seja estatisticamente determinado, também há indícios de que esta influência seja temporalmente dependente (Figura 5), mas inversamente ao observado

por Bogdanis et al.²⁷. Isso se deve ao fato de que a potência gerada no segundo e terceiro segundos de cada bloco são aparentemente inferiores após RA (Figura 5) e, após o alcance da PP, a execução da recuperação ativa tende ($p=0,08$) a proporcionar uma menor perda da potência gerada a cada segundo (PP-P10) (Figura 6).

A contradição entre estudos provavelmente reside nos diferentes protocolos adotados e nas diferentes variáveis de desempenho consideradas, as quais serão influenciadas por diferentes processos de fadiga. Saliante-se que a duração, tanto dos períodos de esforço quanto dos períodos de pausa, e a intensidade de esforço na pausa interferem sobre a resposta cinética do consumo de oxigênio, o que pode refletir a alteração na ressíntese de PCr. No presente estudo, optou-se por adotar a carga absoluta e fixa de recuperação utilizada no estudo de Dupont et al.⁶, a qual foi equivalente a 58,8 W e que correspondeu em média a 7,2 ($\pm 0,9$)% do maior pico de potência observada para cada sujeito em qualquer um dos blocos de esforço, o que representa uma carga de baixa intensidade. No entanto, mesmo dentro de uma faixa de baixa intensidade de esforço, a intensidade relativa em termos da carga de VO_{2max} ou de limiar de lactato pode ser determinante para a otimização do processo de regeneração metabólica. Este aspecto pode estar relacionado à maior variabilidade entre sujeitos na RA em relação à RP, observado pelos menores R^2 do ajuste linear e exponencial na RA. Assim como uma variabilidade no desempenho pode estar vinculada à aptidão aeróbia, a qual não foi controlada no presente estudo. Estudos recentes têm observado que a velocidade de recuperação da PCr^{14,16} e a velocidade de ajuste do VO_2 ²⁸ são maiores em sujeitos treinados aerobiamente. Dupont et al.²⁹ reforça essa relação, verificando que indivíduos com menor constante de tempo na cinética de VO_2 apresentam menor diminuição da velocidade de corrida em exercícios intermitentes (15 corridas máximas de 40 m com 25 s de pausa). Também tem sido observada relação entre a aptidão aeróbia e o desempenho em atividades intermitentes de curta duração e alta intensidade^{14,30,31}, indicando que pode existir uma relação de causa e efeito entre a potência do sistema oxidativo e o desempenho em atividades intermitentes.

CONCLUSÃO

O tipo de recuperação não influencia o desempenho em atividades intermitentes de protocolo com dez segundos de esforço intercalado com trinta segundos de pausa. No entanto, há indícios de que a recuperação ativa seja pior para o desenvolvimento de potência nos segundos iniciais e de que o inverso ocorra nos segundos finais. Assim, deve-se considerar que a interferência da recuperação ativa seja temporalmente dependente e, provavelmente, dependente da aptidão aeróbia do indivíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sahlin K, Tonkonogi M, Söderlund K. Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiol Scand*

- 1998;162:261-266.
2. Harris RC, Edwards RH, Hultman E, Nordesjo LO, Nylin B, Sahlin K. The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflugers Arch* 1976;367(2):137-142.
 3. McAinch AJ, Febbraio MA, Parkin JM, Zhao S, Tangalakis K, Stojanovska L, Carey MF. Effect of active versus passive recovery on metabolism and performance during subsequent exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004;14(2):185-196.
 4. Bond V, Adams RG, Tearney RJ, Gresham K, Ruff W. Effects of active and passive recovery on lactate removal and subsequent isokinetic muscle function. *J Sports Med Phys Fitness* 1991;31(3):357-361.
 5. Franchini E, Takito MY, Nakamura FY, Matsushigue KA, Kiss MAPDM. Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. *J Sports Med Phys Fitness* 2003;43(4):424-431.
 6. Dupont G, Blondel N, Berthoin S. Performance for short intermittent runs: active recovery vs passive recovery. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:548-54.
 7. Dupont G, Moalla W, Guinhouya C, Ahmaidi S, Berthoin S. Passive versus active recovery during high-intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(2):302-308.
 8. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C, Duffield R. Metabolism and performance in repeated cycle sprints: active versus passive recovery. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38(8): 1492-1499.
 9. Signorile JF, Ingalls C, Tremblay LM. The effects of active and passive recovery on short-term, high intensity power output. *Can J Appl Phys* 1993;18(1):31-42.
 10. Glaister M. Multiple sprint work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med* 2005;35(9):757-777.
 11. Hirvonen J, Rehnunen S, Rusko H, Härkönen M. Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1987;56(3):253-259.
 12. Bangsbo J, Krutusp P, González-Alonso J, Saltin B. ATP Production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise: effect of previous exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001;280:E956-E964.
 13. Bogdanis GC, Nevill ME, Lakomy HKA, Boobis LH. Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. *Acta Physiol Scand* 1998;163:261-272.
 14. Johansen L, Quistorff B. ³¹P-MRS characterization of sprint and endurance trained athletes. *Int J Sports Med* 2003;24:183-189.
 15. Smith SA, Montain SJ, Zientara GP, Fielding RA. Use of phosphocreatine kinetics to determine the influence of creatine on muscle mitochondrial respiration: an in vivo ³¹P-MRS study of oral creatine ingestion. *J Appl Physiol* 2004;96:2288-2292.
 16. Yoshida T. The rate of phosphocreatine hydrolysis and resynthesis in exercising muscle in humans using ³¹P-MRS. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2002;21(5):247-255.
 17. Bendahan D, Kemp GJ, Roussel M, Le Fur Y, Cozzone PJ. ATP synthesis and proton handling in muscle during short periods of exercise and subsequent recovery. *J Appl Physiol* 2003;94:2391-2397.
 18. Toubekis AG, Douda HT, Tokmakidis SP. Influence of different rest intervals during active or passive recovery on repeated sprint swimming performance. *Eur J Appl Physiol* 2005; 93:694-700.
 19. 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(4):831-838.
 20. Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol* 1993;75(2):712-719.
 21. Sejersted OM, Sjogaard G. Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise. *Physiol Rev* 2000;80(4):1411-1481.
 22. Nielsen JJ, Mohr M, Klarskov C, Kristensen M, Krstrup P, Juel C, Bangsbo J. Effects of high-intensity intermittent training on potassium kinetics and performance in human skeletal muscle. *J Physiol* 2003;554(3):857-870.
 23. Balsom PD, Gaitanos GC, Soderlund K, Ekblom B. High-intensity exercise and muscle glycogen availability in humans. *Acta Physiol Scand* 1999;165(4):337-345.
 24. Jansson E, Dudley GA, Norman B, Tesch PA. Relationship of recovery from intensive exercise to the oxidative potential of skeletal muscle. *Acta Physiol Scand* 1990;139(1): 147-152.
 25. Roussel M, Bendahan D, Mattei JP, Le Fur Y, Cozzone PJ. ³¹P Magnetic resonance spectroscopy study of phosphocreatine recovery kinetics in skeletal muscle: the issue of intersubject variability. *Biochim Biophys Acta* 2000;1457:18-26.
 26. Takahashi H, Inaki M, Fujimoto K, Katsuta S, Anno I, Niitsu M, et al. Control of the rate of phosphocreatine resynthesis after exercise in trained and untrained human quadriceps muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;71(5):396-404.
 27. Bogdanis GC, Nevill ME, Lakomy HKA, Graham CM, Louis G. Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *Eur J Appl Physiol* 1996;74:461-469.
 28. Koppo K, Bouckaert J, Jones AM. Effects of training status and exercise intensity on phase II VO₂ kinetics. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(2):225-232.
 29. 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(1):27-34.
 30. Thomas C, Sirvent P, Perrey S, Raynaud E, Mercier J. Relationship between maximal muscle oxidative capacity and blood lactate removal after supramaximal exercise and fatigue indexes in humans. *J Appl Physiol* 2004;97:2132-2138.
 31. Tomlin DL, Wenger HA. The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. *J Sci Med Sport* 2002; 5:194-203.

Endereço para correspondência

Karin Matsushigue
Educação Física – PUCPR
Rua Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho
CEP 80215-901 - Curitiba - PR - Brasil
amkarin@gmail.com

Recebido em 16/11/06
Revisado em 02/01/07
Aprovado em 07/01/07