



Consumo de oxigênio pós-exercícios de força e aeróbio: efeito da ordem de execução

Fábio Santos de Lira^{1,2}, Rodrigo da Silva Fermينو de Oliveira^{1,3}, Ursula Ferreira Julio¹ e Emerson Franchini⁴

RESUMO

O treinamento concorrente é uma estratégia que vem sendo utilizada na intenção de maximizar o gasto energético tanto durante quanto após o exercício por meio do EPOC (excesso do consumo de oxigênio pós-exercício). No entanto, pouco se sabe sobre a influência da ordem de execução sobre o EPOC. O objetivo do presente estudo foi verificar a influência do tipo (aeróbio, força e concorrente) e da ordem (aeróbio + força ou força + aeróbio) do exercício sobre o EPOC. A amostra foi constituída por oito homens (idade: 24 ± 2 anos; massa corporal: $75,4 \pm 3,7$ kg; e estatura: $179 \pm 3,0$ cm), voluntários, com experiência em treinamento de força e aeróbio. Os sujeitos foram submetidos a um teste para a determinação do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ($57,0 \pm 2,9$ ml/kg/min) e teste de 1-RM para os exercícios de supino reto (68 ± 2 kg), puxador costas (64 ± 3 kg), cadeira extensora (51 ± 3 kg) e mesa flexora (38 ± 3 kg). O treino aeróbio foi realizado durante 30 minutos a 90% da velocidade correspondente ao limiar anaeróbio ($10,3 \pm 2,2$ km). O treino de força foi realizado a 70% de 1RM, dividido em três séries de 12 movimentos. O consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) foi medido em repouso (R) e após as seguintes sessões: aeróbio (A), força (F), aeróbio-força (A + F) e força-aeróbio (F + A), utilizando calorimetria indireta durante 30 minutos, os quais foram divididos em três intervalos de tempo: T1 (0 a 10 minutos), T2 (11 a 20 minutos) e T3 (21 a 30 minutos). A comparação do $\dot{V}O_2$ entre as diferentes situações (R, A, F, A + F e F + A) para cada um dos períodos de tempo (0-10, 11-20; 21-30 min) foi realizada a partir de uma ANOVA a um fator com medidas repetidas, seguida por teste de Tukey. Em T1, o $\dot{V}O_2$ das diferentes sessões foi maior que o de R. Durante T2, o $\dot{V}O_2$ das situações F, A + F e F + A foi superior ao de R. Em T3, somente A + F resultou em EPOC. Os resultados indicam que a ordem de execução influenciou o tempo de EPOC. Contudo, o gasto calórico decorrente do EPOC é bastante reduzido ($\cong 15$ kcal).

ABSTRACT

Strength and aerobic post-exercises oxygen consumption: effect of the order of performance

Concurrent training is a strategy which has been used with the purpose to maximize energy expenditure both during and after

1. Faculdade de Educação Física, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, SP, Brasil.
2. Grupo de Biologia Molecular da Célula, Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento, Instituto de Ciências Biomédicas I, Universidade de São Paulo, Brasil.
3. Laboratório de Fisiologia Celular e Molecular do Exercício, Departamento de Biodinâmica do Movimento Humano, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, Brasil.
4. Departamento de Pedagogia do Movimento do Corpo Humano da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Aceito em 13/6/07.

Endereço para correspondência: Emerson Franchini, Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, Av. Prof. Mello Moraes, 65, Cidade Universitária – 05508-900 – São Paulo, SP, Brasil.
E-mail: emersonfranchini@hotmail.com

Palavras-chave: Treinamento concorrente. EPOC. Gasto energético.

Keywords: Concurrent training. EPOC. Energy expenditure.

exercise by exacerbation of excess post-exercise oxygen consumption (EPOC). However, little is known about the influence of the order of performance of exercises on EPOC. The aim of the present study was to verify the influence of type (aerobic, strength and concurrent) and order (aerobic + strength or strength + aerobic) of exercise on excessive post-exercise oxygen consumption. Eight male volunteers (age: 24 ± 2 years; weight mass: 75.4 ± 3.7 kg; and height: 179 ± 3.0 cm), with experience in aerobic and strength training were studied. The subjects were submitted to a test for the determination of the $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (57.0 ± 2.9 ml/kg/min) and test of 1-RM for the exercises of bench press (68 ± 2 kg), lat pull down (64 ± 3 kg), leg extension (51 ± 3 kg) and leg curl (38 ± 3 kg). Aerobic training was conducted for 30 minutes at 90% of the anaerobic threshold velocity (10.3 ± 2.2 km). The protocol strength training corresponded to 70% of 1RM, divided in three sets of 12 repetitions. Oxygen consumption ($\dot{V}O_2$) was measured at rest (R) and after the following sessions: aerobic (A), strength (S), aerobic-strength (A + S) and strength-aerobic (S + A), using indirect calorimetry for 30 minutes, which were divided in three time intervals: T1 (0-10 minutes), T2 (11-20 minutes) and T3 (the 21-30 minutes). The comparison of the $\dot{V}O_2$ among the different situations (R, A, S, A + S and S + A) for each period of time (0-10, 11-20; 21-30 min) was determined by one-way ANOVA with repeated measurements, followed by Tukey test. In T1, the $\dot{V}O_2$ of the different sessions was increased in relation to R. During T2, the $\dot{V}O_2$ of situations S, A + S and S + A was increased in relation to R. In T3, only A + S resulted in EPOC. The results indicate that exercise order influences EPOC time. However, in 30 minutes the caloric expenditure caused by EPOC was fairly low ($\cong 15$ kcal).

INTRODUÇÃO

O balanço energético é resultante do consumo e do dispêndio de energia. Quando em desequilíbrio, pode ocorrer acúmulo ou redução das reservas de gordura corporal⁽¹⁾. O gasto energético diário (GED) pode ser fracionado nos seguintes componentes: taxa metabólica de repouso (TMR), efeito térmico da dieta (ETD) e atividade física (AF). A TMR é considerada o maior componente do GED, podendo representar aproximadamente 70% deste. A AF é o componente mais variável em termos de contribuição ao GED, em virtude do envolvimento da pessoa com essa prática⁽²⁾.

Programas de exercícios têm sido utilizados na tentativa de aumentar o GED para prevenir ou combater a obesidade e para manutenção da saúde, juntamente com o controle da dieta. Nesses programas, o exercício aeróbio tem sido empregado com o objetivo de diminuir os estoques de gordura corporal e o exercício de força tem sido aplicado na tentativa de preservar ou aumentar a massa magra⁽³⁾.

O treinamento de força ou o treinamento concorrente (exercício aeróbio e exercício de força) resulta, em longo prazo (dez semanas) em aumento da TMR em relação ao valor pré-treinamento

ou em comparação aos ajustes decorrentes de um programa de exercícios aeróbios⁽⁴⁾.

Um aspecto explorado freqüentemente para aumentar o GED é a realização de exercícios que aumentem o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) após a atividade, isto é, que gerem como ajuste momentâneo um excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC, do inglês, *excess post-exercise oxygen consumption*). O EPOC tem sido dividido em dois componentes: (a) rápido – queda acen-tuada em um período de aproximadamente uma hora e (b) prolon-gado – queda mono-exponencial com duração de algumas horas⁽⁵⁾.

No caso dos exercícios aeróbios, a magnitude e a duração do EPOC parecem depender diretamente da intensidade e da dura-ção do exercício. Nesse tipo de exercício a realização em intensi-dades entre 50 e 80% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ por 5-20 minutos não tem gera-do EPOC com duração além de 35 min. Quando a intensidade é próxima ao limiar ventilatório e a duração é de 20-40 min, o EPOC raramente excede 40 min. Contudo, quando o exercício aeróbio é realizado por mais tempo há aumento da duração do EPOC⁽⁶⁾.

Para o exercício de força, a resposta tem sido mais variável do que ocorre com os exercícios aeróbios. Essa maior variação pare-ce ser consequência da possibilidade de diversas combinações de intensidade, número de séries, número de repetições, número de grupos musculares por sessão, tempo de intervalo entre as séries, velocidade de execução, nível de aptidão física, idade, gê-nero e composição corporal do sujeito⁽¹⁾. Alguns pesquisadores relatam que os exercícios de força proporcionam EPOC entre 30 min e 38h⁽⁶⁻⁸⁾. Recentemente, Drummond *et al.*⁽⁹⁾ aplicaram proto-colo de exercícios concorrente e verificaram o EPOC nas diferen-tes ordens de execução. Seus resultados apontam que a ordem de execução do exercício concorrente é determinante para uma maior magnitude do EPOC, tendo um maior consumo quando o exercício de força é realizado após o exercício aeróbio. Além dis-so, esses autores observaram que o exercício de força realizado isoladamente proporcionou EPOC por maior período de tempo (25 minutos) em relação ao exercício aeróbio. No entanto, temos que ressaltar que as diferenças encontradas pelos pesquisadores po-dem ter sido influenciadas pelo tempo de intervalo de recupera-ção nos exercícios de força, que foi de um minuto e quarenta e cinco segundos, ainda, o número elevado de exercícios, sete no total, o que é muito próximo do número máximo indicado por ses-são (8) pelo ACSM. Outro aspecto que pode ser criticado nesse estudo⁽⁹⁾ foi o fato do exercício aeróbio ter sido feito em intensida-de relativa ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (70%), podendo essa intensidade estar acima do limiar anaeróbio para alguns sujeitos e abaixo para ou-tros, o que resultaria em respostas metabólicas distintas para os participantes envolvidos no estudo.

A dificuldade em associar e relacionar os estudos com exercí-cios concorrentes está na diferenças de protocolos, modelo da aparelhagem utilizada, freqüência, duração, intensidade do treino e histórico dos participantes⁽¹⁰⁾.

O Colégio Americano de Medicina do Esporte⁽³⁾ recomenda a prática de exercícios aeróbios executados de forma contínua por 30-60 min, portanto, abaixo do limiar anaeróbio, 3-5 vezes por se-mana, na intenção de maximizar o gasto energético e diminuir o percentual de gordura. Por outro lado, também é recomendado a prática de exercícios de força para desenvolvimento de hipertrofia muscular⁽³⁾. Para atingir esse objetivo têm sido utilizadas 3-4 sé-ries de 8-12 repetições a 70-80% da carga máxima (1RM), com 1-2 min de intervalo entre as séries, envolvendo 4-8 exercícios por sessão, 3-5 vezes por semana. Também é freqüente que as pes-soas realizem esses exercícios na seqüência, ou seja, exercício aeróbio seguido de exercício de força, embora existam estudos que indiquem a possibilidade de interferência nos ajustes em lon-go prazo, isto é, normalmente há um menor desenvolvimento da força e da hipertrofia muscular ao realizar o treinamento concor-rente em relação ao treinamento de força realizado isoladamen-te^(10,12). Para evitar ou minimizar essa interferência, Docherty e

Sporer⁽¹¹⁾ sugerem que o exercício aeróbio seja realizado abaixo do limiar anaeróbio quando se pretende utilizar o exercício de for-ça para o desenvolvimento da hipertrofia.

Com base na prescrição típica recomendada pelo ACSM⁽³⁾ e con-siderando a sugestão de Docherty e Sporer⁽¹¹⁾, foi objetivo do pre-sente estudo verificar a influência do tipo (aeróbio, força e concor-rente) e da ordem (aeróbio + força ou força + aeróbio) sobre o EPOC.

MÉTODOS

Amostra

Foram sujeitos do estudo oito indivíduos do sexo masculino com idade entre 18 e 26 anos que concordaram em participar do pre-sente estudo, após leitura e assinatura de um termo de consenti-mento informado, aprovado pelo Comitê de Ética local.

Consumo de oxigênio em repouso e pós-exercício

Para mensuração do $\dot{V}O_2$ em repouso e pós-exercício o sujeito teve que permanecer deitado, em repouso absoluto, acordado, em uma sala fechada com as luzes apagadas, durante trinta minu-tos. Durante esse período era feita a medida do $\dot{V}O_2$, utilizando o analisador de gases *VO2000 (Inbrasport)*, calibrado conforme as recomendações do fabricante. Para a mensuração do $\dot{V}O_2$ o sujei-to não se submeteu, nas 48 horas anteriores a nenhum tipo de atividade física intensa. Também foi recomendado que os indiví-duos mantivessem sua dieta rotineira antes de todas as sessões. A mensuração do consumo de oxigênio pós-exercício aconteceu a partir de dois minutos após o término de cada sessão de exercí-cio (aeróbio, força, aeróbio-força e força-aeróbio). A ordem das sessões de exercício foi aleatória e o intervalo entre as sessões foi de pelo menos 48h e de no máximo cinco dias. O período total de análise foi subdividido em três intervalos de tempo: Tempo 1 (0 a 10 minutos), Tempo 2 (11 a 20 minutos) e Tempo 3 (21 a 30 minutos).

Para o cálculo do gasto calórico assumiu-se que cada um litro de oxigênio consumido representa o dispêndio de 5kcal ou 20,92kJ⁽¹³⁾. O cálculo do gasto calórico foi estimado a partir des-ses valores fixos em vez do RER por razões justificadas por Jeu-kendrup e Wallis⁽¹⁴⁾, os quais relatam que o uso da calorimetria indireta em exercícios de alta intensidade subestima a oxidação de lipídios pela elevação do CO_2 .

Teste para determinação da carga máxima

A determinação de carga máxima (1RM) foi realizada uma se-mana antes da aplicação dos treinos. Os indivíduos realizaram os testes em quatro aparelhos de musculação (Pórtico): supino reto, puxador costas, cadeira extensora e mesa flexora. Para determi-nação da 1RM nos diferentes aparelhos, o indivíduo realizou um aquecimento geral de cinco minutos em uma bicicleta Monark (modelo 838), de acordo com as recomendações da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício⁽¹⁵⁾. Em seguida foi estimado pelo sujeito qual a sua carga máxima no aparelho a ser realizado o teste. Na seqüência, o sujeito realizou oito repetições com 50% da carga estimada de 1RM, seguido por intervalo de três minutos, e nova série, com três repetições com uma carga equivalente a 70% de 1RM estimada. Após três minutos de descanso era inicia-do o teste para determinação de 1RM. Para determinação de 1RM foi estabelecido um máximo de cinco tentativas, com descanso de 3-5 minutos de uma tentativa para outra. A partir de 1RM de cada aparelho foi determinada a intensidade de 70% para prescri-ção dos exercícios de força.

Prescrição dos exercícios de força

Os exercícios foram realizados na seguinte ordem: supino reto, cadeira extensora, puxador costas e mesa flexora. Estes exercí-

cios foram sistematizados em três séries a 70% da carga máxima (1RM, determinada em sessão separada nos mesmos aparelhos), solicitando que os participantes realizassem 12 repetições em cada série. As repetições foram contadas em todas as séries. O valor era anotado caso o sujeito não conseguisse realizar as repetições preconizadas. Foram adotados intervalos de dois minutos entre as séries. Essa prescrição seguiu as recomendações de Melby *et al.*⁽⁷⁾. A sessão teve duração aproximada de 30 minutos.

Teste para determinação do $\dot{V}O_{2pico}$ e limiar anaeróbio

Para determinação do $\dot{V}O_{2pico}$ e do limiar anaeróbio foi realizado um teste progressivo em esteira rolante modelo *Aegean 6200*. Neste protocolo, o sujeito realizou teste escalonado com velocidade inicial de 5km/h, que foi aumentada em 1km/h a cada 3 minutos. Ao final de cada estágio foi coletada uma gota de sangue do lóbulo da orelha para determinação da concentração do lactato sanguíneo durante o teste. Para isso foi utilizado um lactímetro da marca *Accusport*, validado por Fell *et al.*⁽¹⁶⁾. Quando a concentração de lactato ultrapassava o valor de 3,5mmol/L, a velocidade era aumentada em 0,5km/h a cada minuto e o lactato não era mais mensurado. Para determinação do Limiar Anaeróbio foi utilizada a concentração fixa de 3,5mmol/L⁽¹⁷⁾. Durante todo teste o sujeito ficou conectado ao analisador de gases para determinação do $\dot{V}O_{2pico}$. A frequência cardíaca foi monitorada através de um freqüencímetro da marca *Polar* (modelo *Beat*). Em todos os casos, o teste foi encerrado quando o sujeito chegou à exaustão voluntária, ou seja, sinalizava não conseguir manter a velocidade estabelecida. O $\dot{V}O_{2pico}$ foi determinado a partir da média dos últimos 30 segundos do teste na última velocidade alcançada pelos sujeitos.

Prescrição do exercício aeróbio

O sujeito realizou o exercício na esteira rolante numa intensidade correspondente a 90% da velocidade correspondente ao Limiar Anaeróbio (determinado em teste aeróbio realizado anteriormente), durante 30 minutos.

Prescrição do exercício concorrente nas diferentes seqüências

Os exercícios (aeróbio e força) foram iguais aos descritos acima. Porém, nesta fase, os indivíduos realizaram os dois tipos de atividades na seqüência (aeróbio seguido de força ou força seguido por aeróbio), totalizando aproximadamente uma hora de exercícios. O intervalo de descanso para transição de um exercício para outro foi de dois minutos.

Análise estatística

A comparação do consumo de oxigênio entre as diferentes situações (repouso, aeróbio, força, aeróbio-força e força-aeróbio) para cada um dos períodos de tempo (0-10 min, 11-20 min; 21-30 min e 0-30 min) foi feita a partir de uma análise de variância a um fator com medidas repetidas. Não foi realizada comparação entre os períodos de tempo, pois é bem descrito na literatura que há uma queda do consumo de oxigênio pós-atividade com o passar do tempo⁽⁵⁾. A comparação entre o desempenho nos exercícios de força foi feita através de uma análise de variância a dois fatores (série e situação) com medidas repetidas. Os resultados estão expressos em média e erro padrão. O teste de Tukey foi utilizado quando identificada diferença na análise de variância. Em todas as análises, utilizou-se o nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os testes paramétricos foram conduzidos após constatação da normalidade e esfericidade dos dados⁽¹⁸⁾.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as características gerais dos participantes do estudo.

TABELA 1
Características dos sujeitos: (n = 8) quanto a idade, estatura, peso, consumo de oxigênio pico ($\dot{V}O_{2pico}$), frequência cardíaca pico (FCpico), (90%) da velocidade do limiar anaeróbio, repetição máxima nos aparelhos supino reto, puxador costas, cadeira extensora e mesa flexora

Variáveis	Média ± erro padrão
Idade (anos)	24,1 ± 2,0
Altura (cm)	179,5 ± 3,0
Massa corpórea (kg)	75,3 ± 3,7
$\dot{V}O_{2pico}$ (ml/kg/min)	57,0 ± 2,9
FCpico (bpm)	186,8 ± 4,8
VLA (km)	10,3 ± 2,2
1RM Supino Reto (kg)	68,1 ± 2,3
1RM Puxador Costas (kg)	64,2 ± 2,9
1RM Cadeira Extensora (kg)	51,4 ± 2,6
1RM Mesa Flexora (kg)	38,0 ± 2,8

Todos os resultados estão expressos em média ± erro padrão.

Para as três situações envolvendo o treinamento de força não foram observadas diferenças significantes quanto ao número de repetições entre as situações ou entre as séries para os exercícios supino, mesa flexora e cadeira extensora. Contudo, para o exercício puxador costas, foi constatada diferença significativa para o fator série ($F_{2,42} = 3,94$; $p = 0,027$). A diferença ocorria entre a terceira (11 ± 1 repetições) em relação à segunda e à primeira séries (ambas 12 ± 0 repetições). Para esse exercício, não foram observados efeitos da situação (força, força-aeróbio e aeróbio-força) ou de interação entre o número da série e a situação.

A tabela 2 apresenta os valores de $\dot{V}O_2$ medidos durante 30 minutos para as diferentes situações, com os intervalos de tempo subdivididos em três blocos.

TABELA 2
Consumo de oxigênio (ml/kg/min) após as diferentes situações

Tempo (min)	Repouso	Aeróbio	Força	Força + aeróbio	Aeróbio + força
0-10	4,24 ± 0,71 ^a	5,65 ± 1,82	5,82 ± 0,75	5,96 ± 1,15	6,14 ± 1,19
11-20	3,23 ± 0,59 ^b	3,92 ± 0,99	4,08 ± 1,09	4,25 ± 0,58	4,52 ± 0,79
21-30	2,99 ± 0,52 ^c	3,51 ± 1,11	3,64 ± 1,15	3,95 ± 0,39	4,01 ± 0,97

Todos os resultados estão expressos em média ± erro padrão.

a = $p < 0,05$ em relação às situações: aeróbio, força, aeróbio - força e força - aeróbio para o período de 0-10 min; b = $p < 0,05$ em relação às situações: força, aeróbio + força e força + aeróbio para o período de 11-20 min; c = $p < 0,05$ em relação à situação aeróbio + força para o período de 21-30 min.

Foram identificadas diferenças significantes entre as situações para os períodos de 0-10 min ($F_{4,28} = 5,61$; $p = 0,002$), 11-20 min ($F_{4,28} = 5,62$; $p = 0,002$) e 21-30 min ($F_{4,28} = 2,76$; $p = 0,047$). Com base no teste de Tukey, foi verificado que em T1 os valores do $\dot{V}O_2$ em repouso (sem esforço prévio) eram inferiores em relação ao $\dot{V}O_2$ após as sessões de exercício Aeróbio ($p = 0,033$), Força ($p = 0,013$), Aeróbio-Força ($p = 0,002$) e Força-Aeróbio ($p = 0,006$). Nesse período, o $\dot{V}O_2$ não diferiu entre as demais situações.

Em T2, o $\dot{V}O_2$ em repouso (sem esforço prévio) não diferiu daquele após o exercício Aeróbio ($p = 0,121$), mas era menor do que nas situações que envolviam a realização dos exercícios de força: Força ($p = 0,045$), Aeróbio-Força ($p = 0,001$) e Força-Aeróbio ($p = 0,011$). Nenhuma outra diferença significativa foi observada para esse período.

Em T3, houve significância somente entre a situação sem esforço prévio e após a sessão Aeróbio-Força ($p = 0,05$), com uma tendência à diferença ($p = 0,069$) entre os valores de repouso e após a sessão Força-Aeróbio, se considerarmos a proximidade do valor do nível de significância encontrado com o estabelecido. Portanto, no presente estudo, apenas a situação Aeróbio-Força resultou em EPOC com duração de trinta minutos.

Ao analisar a média do consumo de oxigênio durante os trinta minutos, foi observada diferença significativa entre as situações ($F_{4,28} = 5,53$; $p = 0,002$). As diferenças ocorriam apenas entre a situação em repouso e as situações força ($p = 0,038$), força-aeróbio ($p = 0,008$) e aeróbio-força ($p = 0,002$), mas não em relação à situação pós-exercício aeróbio ($p = 0,085$). Nenhuma outra diferença foi observada entre as situações.

Ao realizar a conversão para o gasto calórico durante os trinta minutos, chegou-se aos seguintes valores, assumindo que o consumo de um litro de oxigênio equivale a um gasto de 5kcal (20,92kJ): repouso – 41 ± 6 kcal (171 ± 26 kJ); aeróbio – 50 ± 14 kcal (209 ± 59 kJ); força – 51 ± 11 kcal (215 ± 45 kJ); aeróbio-força – 56 ± 11 kcal (234 ± 47 kJ); força-aeróbio – 54 ± 11 kcal (224 ± 45 kJ). Portanto, nas situações em que houve EPOC, o gasto calórico médio acima do valor de repouso, em trinta minutos, seria de: força – 10kcal (44kJ); aeróbio-força – 15kcal (63kJ); força-aeróbio – 13kcal (53kJ).

DISCUSSÃO

O objetivo do presente trabalho foi analisar a influência da ordem de execução do exercício concorrente sobre o consumo de oxigênio pós-exercício, uma vez que esse tipo de atividade é usada como uma estratégia para maximizar o gasto energético.

O resultado nos primeiros dez minutos de recuperação demonstrou existência de EPOC, confirmando o encontrado por outros autores^(6,8,19-20). No presente estudo foi possível observar que não houve efeito aditivo das situações, uma vez que o EPOC nos primeiros dez minutos não diferiu entre as diferentes propostas de exercício. Assim, o início do EPOC parece não ser afetado pela combinação de exercícios (aeróbio e força) de forma a diferenciá-lo de uma situação com apenas um tipo de exercício executado isoladamente.

No entanto, recentemente, Drummond *et al.*⁽⁹⁾ avaliaram a influência da ordem do exercício concorrente sobre o EPOC. Resultados apresentados por esse grupo demonstram que a ordem de execução do exercício concorrente promove influência sobre o EPOC nos primeiros 10 min, tendo maior magnitude quando o exercício de força é realizado após o exercício aeróbio. Porém, temos que levar em consideração que o número elevado de exercícios de força, o intervalo de tempo de recuperação e ainda, a intensidade do exercício aeróbio (70% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$), podem ter influenciado os resultados⁽¹¹⁾.

Para o exercício aeróbio, o EPOC deixou de ocorrer do décimo primeiro minuto até o vigésimo minuto, indicando que esse tipo de exercício executado isoladamente confere uma menor magnitude ao EPOC. Tais dados corroboram com resultados encontrados por Drummond *et al.*⁽⁹⁾. Outros autores encontraram EPOC por período superior ao do presente estudo⁽¹⁹⁻²⁰⁾. No entanto, sabe-se que variações na intensidade e na duração do exercício aeróbio afetam o EPOC⁽⁵⁾. Neste tipo de exercício, a realização em intensidades entre 50 e 80% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ por 5-20 minutos não tem grande EPOC com duração maior que 35 min. Quando a intensidade é próxima ao limiar ventilatório e a duração do exercício de 20-40 min, raramente o EPOC excede 40 min⁽⁵⁾. Por outro lado, em nosso estudo, para o período de 11-20 min, a utilização do exercício de força isoladamente ou em combinação com o exercício aeróbio resultou em manutenção do EPOC, porém sem efeito aditivo quando os exercícios eram combinados. Tais resultados corroboram com aqueles encontrados no estudo de Drummond *et al.*⁽⁹⁾, onde a combinação dos exercícios aeróbio e de força nas diferentes ordens não apresentou diferença no EPOC para o período de 11-20 min, porém, o exercício de força isolado continuava proporcionando EPOC mais elevado em relação ao exercício aeróbio isolado.

Considerando que não houve diferença significativa no número de repetições nos diferentes exercícios de força entre as situa-

ções, pode-se concluir que a existência do EPOC se deve essencialmente ao exercício de força, uma vez que não foi detectada alteração significativa entre as situações que contavam com o exercício de força e que a realização exclusiva do exercício aeróbio não foi capaz de manter o EPOC até esse período para o grupo analisado.

Do vigésimo primeiro minuto até o trigésimo minuto, somente o treino aeróbio-força resultou em manutenção do EPOC. Esse dado sugere que a ordem de execução tem impacto sobre o EPOC, isto é, sua duração aumenta quando o exercício de força é realizado logo após o exercício aeróbio, mas não quando a ordem contrária é utilizada, na qual houve apenas uma tendência de manutenção do EPOC. No entanto, é importante ressaltar que o número reduzido de sujeitos no presente estudo pode ter limitado o poder estatístico dos testes empregados.

Tais dados não foram observados por Drummond *et al.*⁽⁹⁾, pois somente o exercício de força proporcionou EPOC até 25 min após o término do exercício, mostrando que a metodologia empregada para elaboração do protocolo dos exercícios concorrentes dificultou a comparação dos estudos⁽¹¹⁾.

Durante o exercício, sabe-se que o aumento das concentrações hormonais, como o cortisol e as catecolaminas, o aumento da atividade enzimática, do fluxo de substratos e da concentração do lactato na circulação, são fatores que auxiliam em uma maior magnitude e duração do EPOC⁽²¹⁻²²⁾. Sabendo desses fatores que influenciam o EPOC, os resultados encontrados no presente estudo indicam que o fator que pode ter promovido a permanência do EPOC apenas na situação aeróbio-força pode ser atribuído a um possível aumento na concentração de lactato ou de hormônios na circulação após esse tipo de sessão. Na ordem inversa (força-aeróbio), provavelmente ocorre uma maior mobilização do lactato e diminuição das concentrações hormonais durante o exercício aeróbio⁽⁹⁾. Conseqüentemente, a necessidade de consumo adicional de oxigênio no período de recuperação foi menor. O fato da remoção do lactato ser apenas um dos fatores a contribuir para o EPOC pode explicar o fato da não existência de diferença no consumo de oxigênio nesse período, entre a situação aeróbio-força e as demais, embora com manutenção do EPOC.

Quando os trinta minutos de recuperação foram considerados, apenas a situação com exercício aeróbio não resultou em EPOC. Adicionalmente, como todas as demais situações não diferiram entre si, a combinação de exercícios aeróbio e de força pode ser descartada como estratégia para aumentar a magnitude do EPOC. Dados semelhantes foram encontrados por Drummond *et al.*⁽⁹⁾, sendo que somente o exercício de força resultou em maior duração do EPOC, não tendo efeito adicional das diferentes combinações. Outro fator que contra-indica a execução desses exercícios (aeróbio e força) conjuntamente é o menor desenvolvimento de força e hipertrofia muscular em longo prazo⁽¹⁰⁻¹¹⁾. Não obstante, é preciso destacar que o gasto calórico resultante do EPOC é bastante pequeno para o período (15kcal na situação com maior EPOC).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados pode-se concluir que a ordem de execução do treinamento concorrente promove aumento no tempo de existência do EPOC apenas quando o período de recuperação é subdividido, isto é, apenas para a situação aeróbio-força houve existência de EPOC no período de 21-30 min. Nos dez minutos iniciais todas as combinações de exercício (aeróbio, força, aeróbio-força e força-aeróbio) resultaram em EPOC de igual magnitude. No período de 11-20 min, apenas as sessões que foram compostas por exercício de força proporcionaram EPOC, mas sem efeito adicional em decorrência da combinação com o exercício aeróbio. Finalmente, quando o período total analisado (30 min) é considerado, apenas o exercício aeróbio não resultou em EPOC e todas as demais situações foram similares entre si quanto à mag-

nitide do EPOC. Contudo, é importante ressaltar que o gasto calórico resultante do EPOC é bastante reduzido nesse período (15kcal ou 0,5kcal.min⁻¹), indicando que seu impacto sobre o gasto calórico total é baixo.

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

REFERÊNCIAS

1. Meirelles CM, Gomes PSC. Efeitos agudos da atividade contra-resistência sobre o gasto energético: revisando o impacto das principais variáveis. Rev Bras Med Esporte. 2004;10(2):122-30.
2. Ceddia RB. Composição corporal, taxa metabólica e exercício. Rev Bras Fisiol Exercício. 2002;1(1):143-56.
3. Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, Després JP, Dishman RK, Franklin BA, et al. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults, Med Sci Sports Exerc. 1998;30(6):975-91.
4. Dolenz BA, Potteiger JA. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. J Appl Physiol. 1998;85(2):695-700.
5. Borsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. Sports Med. 2003;33(14):1037-60.
6. Bruleson Jr MA, O'Bryant HS, Stone MH. Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. Med Sci Sports Exerc. 1998;30(4):518-22.
7. Melby C, Scholl C, Edwards G, Bullough R. Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. J Appl Physiol. 1993;75(4):1847-53.
8. Schuenke MD, Mikat RP, McBride JM. Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. Eur J Appl Physiol. 2002;86:411-7.
9. Drummond MJ, Vehrs PR, Schaalje GB, Parcell AC. Aerobic and resistance exercise sequence affects excess postexercise oxygen consumption. J Strength Cond Res. 2005May;19(2):332-7.
10. Leveritt M, Abernethy PJ, Barry BK, Logan PA. Concurrent strength and endurance training: a review. Sports Med. 1999;28(6):413-27.
11. Docherty D, Sporer B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. Sports Med. 2000;30(6):385-94.
12. Leveritt M, Abernethy PJ, Barry B, Logan PA. Concurrent strength and endurance training: the influence of dependent variable selection. J Strength Cond Res. 2003;17(3):503-8.
13. McArdle WD, Katch FL, Katch VL. Fundamentos de fisiologia do exercício. 2ª edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 2003.
14. Jeukendrup and Wallis. Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. Int J Sports Med. 2005;26(Suppl 1):S28-S37.
15. Brown LE, Weir JP. Recomendações de procedimentos da sociedade Americana de fisiologia do exercício (ASEP) I: avaliação precisa da força e potência muscular. Rev Bra Cien Mov. 2003;11(4):95-110.
16. Fell JW, Rayfield JM, Gulbin JP, Gaffney PT. Evaluation of the Accusport® lactate analyzer. Int J Sports Med. 1998;19(3):199-204.
17. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. Int J Sports Med. 1985;6(3):117-30.
18. Zar JH. Biostatistical analysis. New Jersey: Prentice Hall; 1999.
19. Maresh CM, Abraham A, De Souza MJ. Oxygen consumption following exercise of moderate intensity and duration. Eur J Appl Physiol. 1992;65:651-7.
20. Short KR, Sedlock DA. Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. J Appl Physiol; 1997;83(1):153-9.
21. Borsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. Sports Med. 2003;33(14):1037-60.
22. Borsheim E, Knardahl S, Hostmark AT, Bahr R. Adrenergic control of post-exercise metabolism. Acta Physiol Scand. 1998;162:313-23.