

A Influência da Fadiga Neuromuscular e da Acidose Metabólica Sobre a Corrida de 400 Metros



Influence of Neuromuscular Fatigue and Metabolic Acidosis on the 400-Meter Race

Flávio Roberto Pelicer¹
Wonder Passoni Higino¹
Ricardo Yoshio Horita²
Franco Carlos Meira¹
Alexandre Policher Alves¹

1. Faculdade de Educação Física
(Unisalesiano) – Lins – São Paulo
2. Faculdade de Administração e
Ciências Contábeis (Unisalesiano) –
Lins – São Paulo

Correspondência:

Praça das Rosas, 75 – Jardim das
Flores. 15200-000 – José Bonifácio, SP
E-mail: frpelicer@hotmail.com

RESUMO

Exercícios inabituais podem levar a danos musculares que persistem por alguns dias diminuindo a capacidade de desempenho em decorrência da fadiga. Além disso, o aumento da acidose intramuscular pode limitar o metabolismo celular no processo de gerar trabalho. Com isso, esta pesquisa teve como finalidade analisar a influência da fadiga neuromuscular e da acidose metabólica sobre a corrida de 400 metros. Foram selecionados 20 indivíduos, sedentários, com idade entre 18 e 35 anos. Estes foram submetidos aos seguintes protocolos: teste incremental em esteira, para determinação do $\dot{V}O_{2max}$, limiares aeróbio e anaeróbio, teste de 400m (400/C), atividade pliométrica, com repouso ativo/passivo, seguida de corrida de 400m logo após (400/Pós) e 24 horas após a atividade pliométrica (400/24h). Os resultados obtidos mostram que, quando comparados os grupos ativo e passivo, não apresentaram diferenças significantes no desempenho dos 400/Pós, mas o tempo deste foi maior, para os dois grupos quando comparado com os 400/C. No entanto, o 400/24h não foi significativamente diferente quando comparado com o 400/C para ambos os grupos. Conclui-se que, independente do tipo de recuperação – ativa ou passiva –, a diminuição de desempenho em uma corrida de 400 metros após atividade pliométrica parece ser ocasionada por mecanismos neuromusculares que levam à fadiga e não a limitações metabólicas.

Palavras-chave: fadiga neuromuscular, desempenho anaeróbio, atividade excêntrica.

ABSTRACT

Unusual exercises can lead to muscle damage that persists for a few days reducing performance ability due to fatigue onset. Moreover, intramuscular acidity increase can limit the cell metabolism in the process of producing work. Therefore, the objective of this research was to analyze the influence of neuromuscular fatigue and metabolic acidity in the 400 m race. The selected sample consisted of 20 sedentary individuals, aged between 18 and 35 years. They were submitted to the following protocols: treadmill incremental test for determination of $\dot{V}O_{2max}$; aerobic and anaerobic threshold; 400m race test (400/R); plyometric activity with active/passive rest followed by 400m race immediately after (400/Post) and 24 hours after the plyometric activity (400/24h). The obtained results show that when the active and passive groups are compared, they do not show significant difference in 400/Post performance, but this time was longer for both groups when compared with the 400/R. Nevertheless, the 400/24h was not significantly different when compared with the 400/R to both groups. It was concluded that regardless of the kind of recovery, active or passive, the performance reduction in a 400-meter race after plyometric activity seems to occur by neuromuscular mechanisms that lead to fatigue and not to metabolic limitations.

Keywords: neuromuscular fatigue, anaerobic performance, eccentric activity.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que o tecido muscular é capaz de produzir força quando ativado⁽¹⁾. No entanto, a incapacidade de produção de força de forma repetida é caracterizada como fadiga neuromuscular, sintoma que pode durar por vários dias ou semanas⁽²⁾. As causas da fadiga neuromuscular durante o exercício podem ser de origem central (regiões corticais e subcorticais do cérebro) ou de origem periférica (tecido muscular esquelético)⁽³⁾.

Os exercícios pliométricos são definidos como aqueles que ativam o ciclo excêntrico-concêntrico do músculo esquelético, provocando sua potenciação mecânica, elástica e reflexa. Esse ciclo refere-se às atividades concêntricas subsequentes a uma ação excêntrica, cujo propósito é aumentar a força explosiva do músculo pelo armazenamento de energia elástica na fase de pré-alongamento e sua reutilização durante a contração concêntrica, além da ativação do reflexo miotático⁽⁴⁾.

Os músculos esqueléticos têm como função o deslocamento dos

segmentos, a estabilização das articulações e a absorção de forças externas. Um exemplo de força externa é a aterrissagem após um salto vertical, em que as articulações dos tornozelos, joelhos e quadril, são flexionadas, e os músculos extensores destas articulações produzem trabalho negativo, ou seja, o sentido do movimento é contrário à força produzida, no qual configura uma ação excêntrica, em que o músculo é alongado com concomitante geração de tensão, mostrando que o mecanismo desse tipo de ação muscular e os mecanismos de controle de produção de força são diferentes dos utilizados em ações musculares concêntricas e isométricas e caracterizando as ações excêntricas como uma contração capaz de gerar maior tensão por unidade de músculo⁽⁵⁾.

Com isso, sabe-se que, quanto maior a intensidade do trabalho muscular executado, maiores as concentrações de metabólitos produzidos pela musculatura recrutada, dentre estes o lactato. Sabe-se que a taxa de produção de lactato após exercício é intensidade dependente, ou seja, quanto maior a intensidade do esforço, maior a produção e acúmulo deste metabólito⁽⁶⁾.

Quanto à taxa de acúmulo de lactato no sangue, esta é resultante dos processos de produção e de remoção do referido metabólico, sendo determinada pela combinação de vários fatores, entre os quais o tipo de fibras, a capacidade respiratória muscular, a mobilização de substratos energéticos bem como as características bioquímicas das células musculares esqueléticas⁽⁷⁾.

No entanto, independente da oxidação tecidual, o acúmulo de lactato ocorre devido ao aumento das fibras de contração rápida as quais são recrutadas de acordo com o aumento da intensidade do exercício⁽⁸⁾.

Contudo, sabe-se que, após um exercício de alta intensidade, o tipo de recuperação utilizada pode ser um fator importante para maiores taxas de remoção. A princípio, a recuperação ativa apresenta uma capacidade de remoção de lactato superior à recuperação passiva⁽⁶⁾. A oxidação deste metabólito durante a recuperação ativa ocorre principalmente nos músculos esqueléticos ativos e em menor grau nos músculos esqueléticos não ativos durante a recuperação, assim como pelo miocárdio⁽⁹⁾.

Diante disso, analisando de uma forma geral a interação de diferentes vias metabólicas e diferentes tipos de contração muscular que podem ocorrer em uma única sessão de exercícios, o principal objetivo do presente estudo foi verificar a influência da fadiga neuromuscular e da acidose metabólica sobre o subsequente desempenho em uma corrida de 400 metros.

CASUÍSTICA E MÉTODOS

Condições ambientais

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Avaliação do Esforço Físico (LAEF) e na pista de atletismo do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium (Unisalesiano – Lins). Os procedimentos experimentais foram realizados das 11h às 19h, em que a temperatura do ambiente interno (laboratório) foi controlada por ar condicionado e os horários para cada voluntário durante este período foi respeitado no sentido de minimizar qualquer influência relacionada ao ciclo circadiano e aos hábitos diários.

Voluntários

Participaram deste projeto 20 indivíduos do sexo masculino, aparentemente saudáveis, sedentários, com idade entre 18 e 35 anos. Estes, após receberem informações de forma verbal e por escrito, através de um termo de consentimento, de todos os procedimentos que nortearam o estudo, consentiram à participação e divulgação dos dados

coletados. Todos os procedimentos foram encaminhados, analisados e aprovados pelo comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium (Unisalesiano – Lins – Protocolo 116/2008).

Desenho experimental

Os testes foram realizados em quatro dias diferentes. Na primeira semana dos procedimentos experimentais, os voluntários foram avaliados no que diz respeito às medidas antropométricas (massa corporal total, estatura e porcentagem de gordura corporal) e potência e capacidades aeróbias ($\dot{V}O_{2max}$, limiar aeróbio e anaeróbio). Após um intervalo de três a sete dias, os indivíduos foram levados à pista de atletismo para a realização do teste de 400 metros. Novamente, após um intervalo de três a sete dias, estes foram submetidos a uma atividade de saltos pliométricos, sendo que, ao final destes saltos, foram designados aleatoriamente a uma recuperação ativa (G1) ou passiva (G2) de 30 minutos. Após esta recuperação, foram novamente submetidos ao teste de 400 metros, logo após a atividade pliométrica e 24 horas após a realização deste exercício.

TESTES

Determinação do percentual de gordura

A determinação do percentual de gordura foi obtida através de um adipômetro científico (Cescorf), o qual mede a espessura do tecido adiposo subcutâneo. Foram coletadas as medidas de dobras cutâneas, tricipital, suprailíaca e abdominal. A partir destas, foi determinado o percentual de gordura através de tabela específica⁽¹⁰⁾.

Coleta e análise do sangue e monitoramento da frequência cardíaca

Para determinação das concentrações de lactato, foram coletados 25µl de sangue do lóbulo da orelha, na qual foi transferido para um tubo tipo Eppendorf contendo 50µl de fluoreto de sódio (1%) e armazenados em congelador (-20°C) para posterior análise (Yellow Springs 1500 – Sport). As coletas foram realizadas nos testes para determinação do $\dot{V}O_{2max}$, limiar anaeróbio e aeróbio, no teste de 400 metros, no repouso ativo e no repouso passivo. Da mesma forma, a frequência cardíaca (FC) foi monitorada através de um frequencímetro cardíaco (RS200sd – POLAR) durante todos os procedimentos do estudo, sendo observada principalmente nos mesmos momentos em que a coleta de sangue acontecia.

Determinação do $\dot{V}O_{2max}$, limiar anaeróbio e limiar aeróbio

Em um mesmo teste foram analisados os limiares anaeróbio (LAn), aeróbio (Laer) e o $\dot{V}O_{2max}$. Este foi realizado de forma progressiva e intermitente em uma esteira rolante (Imbramed – 10200 ATL), na qual a velocidade inicial foi de sete ou oito quilômetros por hora, sendo aumentada em um quilômetro por hora a cada três minutos, até a exaustão voluntária dos participantes. Ao final de cada estágio, 25µl de sangue foram coletados para análise do lactato sanguíneo. Com isso, a velocidade referente aos limiares foi determinada através da interpolação linear, em que foram adotadas concentrações fixas de 2mM e 3,5mM para o Laer e LAn, respectivamente. O $\dot{V}O_{2max}$ foi determinado através do analisador de gases (Metalyser 3B – CORTEX), no qual através da análise das trocas gasosas durante o exercício, o $\dot{V}O_{2max}$ foi determinado através do maior valor de consumo de oxigênio durante teste.

Corrida de 400 metros

A corrida máxima de 400 metros foi realizada em uma pista de atletismo de 233 metros, onde, através de estimulação verbal, os voluntários foram estimulados a percorrer a distância de 400 metros

previamente marcada no menor tempo possível. Ao final deste esforço, nos momentos um, três e cinco minutos após o mesmo, foram coletados 25µl de sangue para a determinação da concentração pico de lactato. Este foi realizado em três situações: controle (400/C), em que os voluntários deveriam comparecer ao local do teste com pelo menos 48 horas sem a realização de qualquer tipo de atividade física extenuante; após os saltos pliométricos e a aplicação do tipo de recuperação (ativa e passiva) (400/Pós) e 24 horas após a realização dos saltos pliométricos (400/24h).

Atividade pliométrica

Esta foi composta por 10 séries de 10 saltos em profundidade, tendo um intervalo de um minuto entre cada série. Os participantes partiram de um plano elevado (0,6m). Após a aterrissagem sobre o solo, a estes foi pedido que executassem um salto no sentido vertical o mais forte e rápido possível, com o mínimo de tempo de contato com o solo, caindo sobre outro plano elevado colocado a frente e distante um metro do primeiro. Assim sucessivamente, até que todos os saltos e séries fossem realizadas⁽¹¹⁾.

Recuperação ativa e passiva

As recuperações ativa e passiva foram observadas em um período de 30 minutos na velocidade de Laer (2mM) e em repouso total, respectivamente, em que a cada cinco minutos foram coletados 25µl de sangue do lóbulo da orelha dos indivíduos para posterior análise. Neste momento dos procedimentos experimentais que os voluntários foram designados aleatoriamente nos dois tratamentos, grupo recuperação ativa (G1) e grupo recuperação passiva (G2).

Análise estatística

Para análise dos resultados obtidos foi utilizado um método estatístico descritivo, no qual os dados foram expressos em média e desvio padrão. No entanto, anterior a qualquer análise, os dados foram analisados com relação à normalidade de sua distribuição através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Diante da confirmação da normalidade dos dados, adotaram-se métodos estatísticos parâmetros para o tratamento dos mesmos. Para análise das características iniciais dos voluntários e comparação entre grupos, foi utilizado o teste *t* de Student para dados pareados e independentes. Para comparação dos resultados do desempenho anaeróbio e concentração de lactato pico dos testes de performance foi adotada uma análise de variância (ANOVA one way) com teste post hoc de Tukey. Com o intuito de correlacionar as amostras sanguíneas às características individuais e os dados de performance, utilizou-se um teste de correlação de Pearson. Para detecção de significância estatística, todos os procedimentos foram norteados por um nível de significância de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Na tabela 1 pode-se observar as características iniciais dos voluntários participantes do estudo, distribuídos nos grupos G1 e G2. Além dos grupos apresentarem igualdade de variância, eles não apresentaram diferenças significantes com relação às médias das variáveis apresentadas. Isso demonstra uma homogeneidade entre os grupos estudados, evitando qualquer problema relacionado à heterogeneidade.

Com relação ao tempo despendido para percorrer 400 metros em pista de atletismo o mais rápido possível nas três situações, controle, logo após a atividade pliométrica (400/Pós) e na situação 24 horas após atividade pliométrica (400/24h) para G1 e G2, pode-se verificar, através de uma análise de variância de dois caminhos, que o comportamento do desempenho na corrida de 400 metros foi semelhante quando são comparados os grupos, não apresentando diferenças significantes nas

Tabela 1. Características iniciais dos grupos ativo (G1, n = 10) e passivo (G2, n = 10).

	G1	G2
Altura (cm)	175,0 ± 4,1	172,7 ± 6,14
Massa corporal total (kg)	70,6 ± 8,6	73,38 ± 11,82
Porcentagem de gordura (%)	16,2 ± 8,0	16,27 ± 8,32
$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg/min)	44,0 ± 9,2	47,88 ± 10,16
$\dot{V}O_{2max}$ (km/h)	14,1 ± 1,7	13,5 ± 1,7
$\dot{V}Laer$ (km/h)	10,2 ± 1,4	10,3 ± 2,1
Laer x $\dot{V}O_{2max}$ (%)	73,0 ± 8,4	75,9 ± 8,0

$p \leq 0,05$.

três situações supracitadas. Quando a análise é intragrupo, verifica-se que a atividade pliométrica causou uma diminuição estatisticamente significativa de desempenho nos 400/Pós; no entanto, este desempenho foi recuperado após 24 horas de repouso, quando o mesmo exercício de 400 metros foi repetido (tabela 2).

As tabelas 3 e 4 apresentam os valores de concentração de lactato nas situações pré e pós período de recuperação e concentrações de lactato nas situações pré e pós 400 metros nas situações controle e após período de recuperação ativa ou passiva. Na tabela 3 observa-se que, para as duas formas recuperação, a remoção de lactato ocorreu a princípio na mesma magnitude, ou seja, o processo de remoção ocorreu para ambas, no entanto, sem diferença entre os meios.

Na tabela 4 observa-se que, para todas as situações, controle (G1-400/C e G2-400/C) e após período de recuperação (G1-400/Pós e G2-400/Pós), as concentrações de lactato se elevaram posteriormente à realização da corrida de 400 metros quando comparada ao momento anterior a esta. No entanto, diante de uma análise intragrupo, ou seja, controle e após período de recuperação, observa-se que o comportamento foi praticamente semelhante para ambos os grupos, em que as concentrações de lactato na situação logo após os 400 metros seguido de recuperação foi significativamente inferior às concentrações de lactato após os 400m na situação controle. A única diferença ocorreu na situação pré 400 metros após a recuperação ativa, em que a concentração de lactato foi significativamente maior que na situação

Tabela 2. Tempo dos 400m nas situações controle (C), após a pliométrica (400/Pós) e 24 horas após a pliométrica (400/24h).

	Controle (seg.)	400/Pós (seg.)	400/24h (seg.)
G1	73,49 ± 8,27	83,06 ± 10,53 ^a	74,96 ± 8,90 ^b
G2	75,45 ± 8,87	83,03 ± 14,02 ^a	76,67 ± 9,26 ^b

a - diferenças significantes com relação a Controle;

b - diferenças significantes com relação aos 400/Pós; - $p \leq 0,05$.

Tabela 3. Concentrações de lactato nas situações pré e pós 30 minutos de recuperação ativa (G1) e passiva (G2).

	Pré (mM)	Pós (mM)
G1	4,27 ± 1,90	2,66 ± 1,33 ^a
G2	4,94 ± 3,68	1,85 ± 1,71 ^a

a - diferença significativa com relação a situação pré; - $p \leq 0,05$

Tabela 4. Concentrações de lactato nas situações pré e pós 400 metros para os grupos ativo na situação controle (G1-400/C) e após pliométrica (G1-400/Pós) e passivo na situação controle (G2-400/C) e após pliométrica (G2-400/Pós).

	Pré (mM)	Pós (mM)
G1-400/C	0,96 ± 1,01	9,74 ± 1,35 ^a
G1-400/Pós	2,66 ± 1,33 ^b	6,87 ± 1,32 ^{ab}
G2-400/C	0,93 ± 0,59 ^c	10,01 ± 2,23 ^{ac}
G2-400/Pós	1,85 ± 1,71	7,89 ± 1,18 ^{abd}

a - diferenças significantes com relação a situação pré;

b - diferença significativa com relação ao grupo G1-400/C;

c - diferença significativa com relação ao grupo G1-400/Pós;

d - diferença significativa com relação ao grupo G2-400/C;

$p \leq 0,05$.

controle deste mesmo. Diante de uma análise intergrupos, destaca-se a diferença significativa ocorrida nas concentrações de lactato logo após os 400 metros seguidos das recuperações, ativa e passiva. As concentrações de lactato nesta situação para o grupo que realizou a recuperação passiva foi significativamente maior quando comparado ao grupo que realizou a recuperação ativa. Além das análises supracitadas, foi aplicado o teste de correlação de Pearson no sentido de determinar as associações entre as concentrações de lactato prévios às corridas de 400 metros e o tempo dos 400 metros, tanto na situação controle quanto após a atividade pliométrica. No entanto, devido ao comportamento semelhante entre ambos os grupos com relação ao tempo dos 400 metros nos três momentos, estes foram agrupados em um único fator para essa análise. Diante disso, pôde-se verificar que as concentrações de lactato correlacionaram-se positivamente com o tempo de 400 metros após a atividade pliométrica ($r = 0,70$), ou seja, quanto maiores as concentrações de lactato após a pliométrica, maior o tempo dos 400 metros.

DISCUSSÃO

Uma das metas do presente estudo foi analisar o desempenho anaeróbico de indivíduos sedentários após um período de recuperação, tanto ativo quanto passivo, subsequente a uma sessão de exercícios pliométricos e verificar se este era dependente da acidose metabólica ou estresse muscular.

É sabido que para uma dada produção de força existe um menor recrutamento de unidades motoras para a contração excêntrica em comparação com a concêntrica⁽¹²⁾. Essa maior razão de força/ativação proporciona um alto estresse sobre os tecidos envolvidos, sendo considerado o principal fator nos danos estruturais das fibras musculares⁽¹³⁾.

O dano muscular e a dor muscular de início tardio podem ocorrer em diferentes magnitudes dependendo do tipo de contração muscular (concêntrica e excêntrica), tipo de exercício (saltos pliométricos, exercícios resistidos, corridas em declive, etc.), velocidade de movimento (alta ou baixa velocidade angular), tempo de intervalo entre séries e nível de treinamento do indivíduo (sedentário, fisicamente ativo ou treinado)⁽¹³⁾.

Os indivíduos submetidos ao presente estudo encontravam-se em estado de hipocinesia a pelo menos seis meses antes do início do mesmo. Uma das formas de verificar níveis de treinamento e estado de hipocinesia pode ser estabelecido através dos valores de $\dot{V}O_{2max}$. Em estudo utilizando indivíduos sedentários⁽¹⁴⁾, encontraram valores médios de $\dot{V}O_{2max}$ de 47,67 ml/kg/min, corroborando com o encontrado no presente estudo, no qual os voluntários do G1 e G2 apresentaram valores médios de 44,05 ml/kg/min e 47,88 ml/kg/min, respectivamente.

Com relação às performances anaeróbicas, mensuradas através da corrida em máxima velocidade na distância de 400 metros, observou-se que estas diminuíram significativamente após a execução da atividade pliométrica, retornando aos valores de controle 24 horas após a realização da pliométrica, independente do tipo de remoção, ativa ou passiva.

Com relação aos modos de recuperação, ativa e passiva, a maior efetividade da recuperação ativa com relação à passiva sobre a diminuição da concentração de lactato após exercício de elevada intensidade é relatada na literatura⁽⁹⁾. Sendo que esta superioridade pode ser explicada pelo aumento do fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, pelo aumento do transporte do lactato para o coração e para os músculos esqueléticos, locais que são apontados como os principais sítios de captação deste metabólito. A oxidação do lactato ocorre principalmente nos músculos esqueléticos ativos e, em menor grau, nos músculos esqueléticos não ativos durante o exercício, assim como pelo miocárdio. Tal fenômeno não foi encontrado no presente estudo, independente do tipo de repouso realizado após a sessão de exercício pliométrico. Sabe-

se que contrações excêntricas inabituais realizadas em alta intensidade diminuem em cerca de 20% a capacidade dos transportadores de lactato (MCTs)⁽¹⁵⁾. Desta forma, como as concentrações deste metabólito no sangue dependem da capacidade de remoção deste do músculo para o sangue, isso poderia explicar as mesmas concentrações de lactato após a pliométrica para ambos os grupos (G1 e G2) e, como sua remoção do sangue para outros grupos musculares e para o miocárdio para ser oxidado é dependente dessa capacidade de transporte, isso poderia explicar o mesmo comportamento para a remoção de lactato para ambos os grupos, haja visto que a intensidade de exercício de recuperação ativa utilizada neste estudo está de acordo com aquilo que é estipulado pela literatura. Em um estudo clássico⁽¹⁶⁾, os autores estipulam intensidades entre 90 e 100% do limiar anaeróbico como sendo ótimas intensidades de recuperação ativa, ou seja, a mesma intensidade utilizada no presente estudo.

Quanto ao rendimento nos 400/24h, verifica-se que o mesmo não foi afetado pelos danos musculares ocasionados pelos saltos pliométricos realizados anteriormente. A dor muscular de início tardio é caracterizada por ser uma sensação de desconforto e/ou dor na musculatura esquelética que, juntamente com a diminuição da capacidade de gerar trabalho, podem ocorrer após o exercício, sendo intensificada de 24 a 72 horas, podendo persistir por até sete dias, havendo um declínio progressivo desta após este período^(17,18), o que poderia explicar o declínio no rendimento do desempenho dos 400 metros após a sessão de exercícios pliométricos. Além disso, exercícios excêntricos realizados previamente a exercícios com características anaeróbicas e de alta intensidade parecem afetar principalmente a capacidade de força de forma mais tardia, enquanto que a capacidade de gerar potência é afetada de forma pontual, ou seja, apenas em momentos após a realização do exercício excêntrico⁽¹⁹⁾, o que poderia explicar a recuperação do tempo dos 400/24h, não sendo influenciado pela fadiga neuromuscular e pelas concentrações de lactato prévias, haja vista que estas são totalmente removidas da musculatura esquelética entre 60 e 120 minutos após o exercício⁽⁶⁾.

Nas ações excêntricas, a amplitude do sinal eletromiográfico é menor quando comparada com ações concêntricas e isométricas em relação aos níveis de força absoluta e relativa, indicando um menor recrutamento muscular nas ações excêntricas. Foi sugerido que esta ativação menor possa estar relacionada a algum mecanismo de inibição neural, por exemplo, os órgãos tendinosos de Golgi (OTG)⁽²⁰⁾. Quando se fala de inibição neural, evidencia-se a existência de um *feedback* sensorial que inibe a taxa de descarga de motoneurônios durante a fadiga, justificando que os mecanismos centrais são importantes na manutenção de um determinado nível de força. Como já referido, esta inibição é proveniente dos fusos neuromusculares, e/ou dos OTGs, ou das terminações nervosas dos tipos III e IV, que são aparentemente sensíveis ao acúmulo de alguns metabólitos em nível muscular durante o exercício⁽²¹⁾. Portanto, a fadiga neuromuscular pode ser resultante de alterações no sinal neural que chega ao músculo, sendo a tradução de uma redução progressiva da velocidade e da frequência da condução de impulsos voluntários aos motoneurônios durante a atividade⁽²²⁾. Com isso, a acidose intramuscular é tida como um dos sinalizadores neurais indutores do processo de fadiga neuromuscular⁽²³⁾. Portanto, o declínio em atividades motoras semelhantes à realizada no presente estudo pode ser explicado por um sistema cíclico e permanente de recrutamento muscular e metabólitos musculares. Ou seja, quanto maior a acidose, menor o recrutamento de unidades motoras e maior o recrutamento seletivo de fibras do tipo II, tornando o músculo menos resistente à fadiga⁽²³⁾. Com isso, principalmente através do resultado de correlação positiva e significativa entre concentração de lactato após a atividade pliométrica e os 400 metros realizados posteriormente, pode-se, em parte, explicar a diminuição do

rendimento nos 400/Pós. No entanto, a diminuição do rendimento dos 400/Pós não pode ser associada apenas à acidose metabólica. Em um estudo interessante, no qual foi analisada a natureza das alterações na capacidade de produção de força na fase de impulsão da transposição de barreira, induzida por processos inerentes à prova de 400 metros com barreiras, demonstraram que, em condições de fadiga, existe um aumento significativo na perda de velocidade horizontal do centro de gravidade associado ao aumento significativo do tempo de contato com o solo, tanto na fase de amortização, quanto na fase de propulsão⁽²⁴⁾. Estas podem ser explicadas pelas fortes contrações excêntricas ocasionadas pela transposição da barreira, que estimulam o reflexo de alongamento desencadeado pelos fusos musculares, aumentando a capacidade muscular de resistência ao alongamento. Dessa forma, o reduzido alongamento está relacionado a uma pré-ativação, resultante de uma pré-programação do sistema nervoso central, preparando o músculo para resistir à carga de impacto⁽²⁴⁾.

Os resultados do estudo supracitado podem ser associados aos resultados do presente estudo. Por mais que os 400 metros realizados neste estudo sejam sem barreira, minimizando as ações excêntricas durante a corrida, os saltos pliométricos realizados anteriormente aos 400 metros podem levar aos mesmos mecanismos citados anteriormente, levando a uma diminuição da performance dos 400/Pós inde-

pendentemente das concentrações de lactato sanguíneo encontradas em ambos os grupos.

Diante disso, sugere-se que o declínio dos 400/Pós em comparação com os 400/C, deve-se a fatores neuromusculares que podem estar relacionados com alterações de alguns parâmetros eletromiográficos, funcionando como uma forma de proteção contra possíveis efeitos deletérios da integridade da fibra muscular⁽¹⁾.

Com os resultados apresentados, conclui-se que, diante das recuperações, ativa ou passiva, o comportamento do desempenho dos 400 metros após a sessão de exercícios pliométricos foi semelhante quando se comparam os dois modos de recuperação. Sugere-se, então, que o declínio encontrado no tempo dos 400/Pós, esteja relacionado com a fadiga neuromuscular associada à acidose intracelular. Portanto, novos estudos são sugeridos no sentido de investigar a capacidade dos transportadores de lactato após exercícios excêntricos associados à recuperação ativa.

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

REFERÊNCIAS

1. Ascensão A, *et al.* Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.* 2003;3:108-23.
2. Rowlands AV, Eston RG, Tilzey C. Effect of stride length manipulation on symptoms of exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect. *J Sports Sci.* 2001;19:333-40.
3. Gibson H, Edwards RH. Muscular exercise and fatigue. *Sports Med.* 1985;2:120-32.
4. Rossi LP, Brandalize M. Pliometria aplicada à reabilitação de atletas. *Revista Salus-Guarapuava-PR.* 2007;1:77-85.
5. Barroso R, Tricoli V, Ugrinowitsch C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. *Rev Bras Ci e Mov.* 2005;13:111-22.
6. Higino WP, Denadai BS. Efeito do período de recuperação sobre a validade do teste de lactato mínimo para determinar a máxima fase estável de lactato em corredores de fundo. *Revista Paulista Educação Física.* 2002;16:5-15.
7. Donovan CM, Pagliassotti MJ. Quantitative assessment of pathways for lactate disposal in skeletal muscle fiber types. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:772-7.
8. Beneke R, *et al.* Effect of test interruptions on blood lactate during consent workload testing. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1626-30.
9. Franchini E, *et al.* Nível competitivo, tipo de recuperação e remoção do lactato após uma luta de judô. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano.* 2004;6:7-16.
10. Guedes DP, Guedes JERP. Manual prático para avaliação em educação física. Barueri: Manole, 2006.
11. Miyama M, Nosaka K. Protection against muscle damage following fifty drop jumps conferred by ten drop jumps. *J Strength Cond Res.* 2007;4:1087-92.
12. Eston RG, Lemmey AB, McHugh P, Byrne C, Walsh SE. Effect of stride length on symptoms of exercise-induced muscle damage during a repeated bout of downhill running. *Scand J Med Sci Sports.* 2000;10:199-204.
13. Foschini D, Prestes J, Charro MA. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano.* 2007, v. 9, n. 1, p. 101-6.
14. Souza, *et al.* Comparação do perfil antropométrico e funcional de praticantes de caminhada da cidade de Maringá, nos anos de 1999 e 2000. *Revista de Educação Física/UEM.* 2002;13:81-8.
15. Pilegaard H, Asp S. Effect of prior eccentric contractions on lactate/H⁺ transport in rat skeletal muscle. *Am J Physiol.* 1998;274:E554-9.
16. McLellan TM, Skinner JS. Blood lactate removal during active recovery related to the aerobic threshold. *Int J Sports Med.* 1982;3:224-9.
17. Tricoli V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular. *Rev Bras Ci e Mov.* 2001;9:39-44.
18. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81:552-69.
19. Nottle C, Nosaka K. Changes in power assessed by the Wingate Anaerobic Test following downhill running. *J Strength Cond Res.* 2007;21:145-50.
20. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson SP, Halkjaer-Kristensen J, Dyhre-Poulsen P. Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training. *J Appl Physiol.* 2000;89:2249-57.
21. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2001;81:1725-89.
22. Davis M, Bailey S. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:45-57.
23. Matsuura R, Ogata H, Yunoki T, Arimitsu T, Yano T. Effect of blood lactate concentration and the level of oxygen uptake immediately before a cycling sprint on neuromuscular activation during repeated cycling sprints. *J Physiol Anthropol.* 2006;25:267-73.
24. Valamatos, *et al.* Impulsão dinâmica da transposição da barreira. Alterações na capacidade de produção mecânica do complexo músculo-tendinoso provocadas pela instalação da fadiga. *Revista Portuguesa de Ciência do Desporto.* 2005;5:15-30.