

# HIDRÓLISE DO TRIGLICERÍDEO E LACTACIDEMIA DURANTE EXERCÍCIO AERÓBICO EXECUTADO APÓS EXERCÍCIO DE RESISTÊNCIA MUSCULAR

Michele Lüttjohann Duré<sup>1</sup> michelild@yahoo.com.br

Carlos Ricardo Maneck Malfatti<sup>1,2,3,4</sup> ricardo.malfatti@bol.com.br

Leandro Tibiriçá Burgos<sup>1</sup> lburgos@unisc.br

doi:10.3900/fpj.7.6.400.p

Duré ML, Malfatti CRM, Burgos LT. Hidrólise do triglicerídeo e lactacidemia durante exercício aeróbico executado após exercício de resistência muscular. *Fit Perf J.* 2008 nov-dez;7(6):400-5.

## RESUMO

**Introdução:** O triglicerídeo é a principal reserva energética no corpo humano e um importante combustível para o exercício aeróbico. Este, por sua vez, estimula a hidrólise do triglicerídeo do tecido adiposo em ácidos graxos e glicerol, os quais vão para o sangue e, posteriormente, ao tecido muscular. O objetivo deste estudo foi avaliar se o exercício resistido executado antes do aeróbico altera a mobilização de triglicerídeo do tecido adiposo. **Materiais e Métodos:** Participou do estudo (COMEP n. 03455/2008) um sujeito do sexo feminino, com 24 anos de idade, índice de massa corporal (IMC)=19,2kg.m<sup>-2</sup> e consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2máx</sub>)=39mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. O sujeito foi submetido a duas situações experimentais para avaliar o nível de oxidação do triglicerídeo. No primeiro dia, foi submetido a um exercício aeróbico (40%VO<sub>2máx</sub>) após a execução de exercícios resistidos (anaeróbicos). Após 48h, executou somente o modelo de exercício aeróbico prolongado. O lactato foi analisado no repouso e durante os exercícios aeróbico e anaeróbico. O glicerol foi dosado no repouso e imediatamente após os exercícios. **Resultados:** Os resultados mostraram uma lactacemia levemente superior e uma maior mobilização de triglicerídeo (30%) quando o exercício aeróbico prolongado era realizado após o anaeróbico. **Discussão:** O melhor entendimento a respeito dos mecanismos envolvidos na mobilização de triglicerídeo sugerem estratégias mais efetivas em programas para o combate à obesidade e desordens metabólicas.

## PALAVRAS-CHAVE

Lipólise, Metabolismo, Exercício Aeróbico.

<sup>1</sup>Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC - Santa Cruz do Sul - Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO - Irati - Brasil

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO - Laboratório de Fisiologia do Exercício - Irati - Brasil

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS - Porto Alegre - Brasil

## TRIGLYCERIDES HIDROLISIS AND BLOOD LACTATE DURING AEROBIC EXERCISE EXECUTED AFTER MUSCULAR RESISTANCE EXERCISE

### ABSTRACT

**Introduction:** The triglycerides are major energy reserve in the human body, and are an important source of fuel during aerobic exercise. During aerobic exercise the adipose tissue triglycerides must be hydrolyzed in resultant fatty acids and glycerol delivered to the blood and posterior muscular tissue. The aim of this paper is to describe if resistance training before aerobic training alters lipid mobilization from adipose tissue. **Materials and Methods:** Participated of the study (COMEP n. 03455/2008) an individual of the female sex, with 24 years of age, body mass index (BMI)=19.2kg.m<sup>-2</sup> and aerobic capacity (VO<sub>2max</sub>)=39mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. The subject was submitted to two experimental protocols for evaluate the level of triglycerides oxidation. In the first day, the subject was submitted to an aerobic exercise (40%VO<sub>2max</sub>) after resistance training (anaerobic). After 48h, was submitted only to aerobic exercise. The lactate was analyzed in rest, during aerobic and anaerobic exercise. The glycerol was dosed in rest and immediately to end aerobic and anaerobic exercise. **Results:** The results showed major blood lactate and triglycerides mobilization (30%) when the subject was submitted to prolonged aerobic exercise realized after muscular resistance protocol. **Discussion:** A better understanding of lipid mobilization regulation will facilitate the development of more effective treatment modalities for obesity-related metabolic disorders.

### KEYWORDS

Lipolysis, Metabolism, Aerobic Exercise.

## CONSUME DEL TRIGLICÉRIDO Y LACTACIDEMIA DURANTE EL EJERCICIO AERÓBICO EJECUTADO DESPUÉS DE EJERCICIO MUSCULAR DE RESISTENCIA

### RESUMEN

**Introducción:** El triglicérido es la reserva mayor de energía en el cuerpo humano y una fuente importante de combustible al ejercicio aeróbico. El ejercicio aeróbico estimula la hidrólisis del triglicérido del tejido adiposo en ácidos grasos y glicerol, que siguen a la sangre y después al tejido muscular. El trabajo objetiva evaluar si el ejercicio de resistencia platicado antes del aeróbico altera la movilización de triglicérido del tejido adiposo. **Materiales y Métodos:** Participó del estudio (COMEP n. 03455/2008) una mujer, con 24 años, índice de masa corporal (IMC)=19,2kg.m<sup>-2</sup> y capacidad aeróbica (VO<sub>2max</sub>)=39mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. Ella fue sometida a dos situaciones experimentales para evaluar el nivel de la oxidación del triglicérido. En el primer día, la mujer platicó un ejercicio aeróbico (40%VO<sub>2max</sub>) después de instrucción de resistencia (anaeróbico). Después de 48h, platicó sólo al ejercicio aeróbico prolongado. El lactato fue analizado en el descanso y durante el ejercicio aeróbico y el anaeróbico. El glicerol fue medido en el descanso e inmediatamente después del ejercicio aeróbico y anaeróbico. **Resultados:** Los resultados mostraron mayor lactato e consumo de triglicéridos (30%) cuando la mujer fue sometida al ejercicio aeróbico después del anaeróbico. **Discusión:** Una mejor comprensión con respecto a los mecanismos involucrados en la movilización de triglicérido puede sugerir estrategias más efectivas en programas al combate de la obesidad y desórdenes metabólicos.

### PALABRAS CLAVE

Lipólisis, Metabolismo, Ejercicio Aeróbico, Ejercicio Anaeróbico.

### INTRODUÇÃO

A grande parte da reserva energética no corpo humano está estocada na forma de triglicerídeos armazenados no tecido adiposo. Esta reserva energética representa, na maioria da população adulta, aproximadamente 80.000kcal, energia suficiente para completar mais de 25 provas de maratona, representando 40 vezes mais energia do que a reserva de glicogênio nos músculos esqueléticos e fígado associados. Como resultado, a oxidação destes triglicerídeos sustenta satisfatoriamente o exercício físico predominantemente aeróbico, além de retardar a depleção de glicogênio e, conseqüente, a instalação de um quadro de hipoglicemia. Para que se tenha acesso a esta

abundante fonte energética os triglicerídeos terão que ser primeiramente hidrolizados, para que os ácidos graxos e o glicerol possam ser exportados dos adipócitos para a corrente sangüínea e, posteriormente, aos músculos em atividade. Além disso, o uso do triglicerídeo como combustível durante o exercício físico requer uma coordenada regulação da lipólise, fluxo sangüíneo e transporte do ácido graxo da corrente sangüínea para a mitocôndria da célula muscular em atividade<sup>1</sup>.

O aumento da demanda energética durante o exercício físico é atendido em parte pelo aumento das taxas de hidrólise do triglicerídeo. Desta forma, durante exercícios de baixa intensidade, cerca de 25% do consumo máximo

de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), a taxa de lipólise no tecido adiposo, mensurada como taxa de aparecimento de glicerol na circulação sanguínea, aumenta de duas a quatro vezes em relação aos valores de repouso<sup>2,3</sup>. Ao mesmo tempo, verifica-se que as taxas de reesterificação de ácidos graxos estão diminuídas, o que resulta em uma grande proporção de ácidos graxos livres disponíveis para serem oxidados pelo músculo esquelético<sup>4</sup>. A taxa lipolítica permanece relativamente estável com o aumento da intensidade do exercício<sup>5</sup>, porém aumenta progressivamente durante exercícios de baixa a moderada intensidade. Embora as taxas lipolíticas permaneçam relativamente altas com o incremento de intensidade do exercício, a liberação de ácidos graxos para a circulação começa a declinar, o que pode ser percebido pela redução nos níveis de glicerol e ácidos graxos circulantes, em exercícios predominantemente anaeróbicos<sup>5</sup>. Em programas que visam a perda de massa gorda, existe um consenso de que o exercício dinâmico de baixa intensidade e média para longa duração seria o melhor recomendado. No entanto, exercícios resistidos complementares também seriam interessantes neste tipo de programa, o que estimula o incremento de massa magra e da demanda calórica basal diária. Apesar do exercício predominantemente aeróbico e do anaeróbico ser amplamente recomendado, não existe um consenso bem formado a respeito da ordem apropriada para tais procedimentos, no sentido de priorizar a maior mobilização de massa gorda durante um programa. Desta forma, o objetivo deste artigo é descrever como o exercício físico predominantemente aeróbico, precedido ou não de exercícios musculares localizados, altera a mobilização de gordura do tecido adiposo, estipulando formas alternativas de prescrição de exercícios para programas que visam otimizar a perda de massa gorda durante as sessões de exercício.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Sujeito da pesquisa

Este estudo foi realizado com um indivíduo do sexo feminino, com idade de 24 anos, peso 62,4 kg, estatura de 1,8 m, índice de massa corporal (IMC) de 19,2kg.m<sup>-2</sup>, consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) de 39mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, pressão arterial sistólica (PAS) de 92mmHg, pressão arterial diastólica (PAD) de 62mmHg, frequência cardíaca de repouso (FCR) de 63bpm (batimentos por minuto), percentual de gordura de 22%, professora de Educação Física, praticante de atividade aeróbica e anaeróbica com regularidade de três vezes por semana a, pelo menos, cinco anos. Seguindo os preceitos éticos de pesquisa com seres humanos da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, este trabalho foi aprovado por um

Comitê de Ética em Pesquisa (COMEP n. 03454/2008) e o sujeito assinou um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participar da pesquisa.

### Tipo de estudo

Este estudo caracteriza-se como transversal do tipo relato de caso.

### Local do estudo

O estudo foi realizado em dois locais nas dependências do campus da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC - Santa Cruz do Sul. A prescrição de exercícios resistidos foi feita em uma sala de musculação. O teste de esforço e a prescrição do exercício predominantemente aeróbico foram realizados no Laboratório de Atividade Física e Saúde (LAFISA). O laboratório foi climatizado a 26°C nos dois dias de realização dos testes.

### Análise do $VO_{2máx}$

O sujeito da pesquisa foi submetido a uma ergoespirometria em esteira ergométrica, utilizando um analisador de gases (Teen-100). O teste em esteira ergométrica foi realizado de acordo com o protocolo de Bruce<sup>6</sup>, que consiste em estágios progressivos de 3min, nos quais a velocidade e o grau de inclinação são aumentados a cada troca de estágio.

### Avaliação cardiovascular

Durante a realização dos testes, a pressão arterial e a frequência cardíaca foram verificadas com o objetivo de controlar a intensidade da prescrição e possíveis alterações cardiovasculares de risco para o sujeito da pesquisa. A pressão arterial foi verificada por meio de um estetoscópio *Rappaport Premium* e de um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio, pelo modo auscultatório indireto. A verificação dos batimentos cardíacos foi executada pelo freqüencímetro da marca *Polar (Accurex Plus)*.

### Avaliação da composição corporal

Para a determinação da massa corporal e da estatura foi utilizada uma balança (*Filizola, modelo 31, Brasil*) com graduação de 100g e um estadiômetro portátil (*Ghrum Polar Manufacture, Suíça*) com precisão de 1,0mm. As medidas de dobras cutâneas foram obtidas com a utilização de um compasso (*Lange, EUA*) com leitura de 0,5mm. Para o cálculo da estimativa da densidade corporal, foi utilizada a equação desenvolvida por Jackson e Pollock<sup>7</sup> e, para o percentual de gordura, a fórmula de Siri<sup>8</sup>.

### Análises bioquímicas

O glicerol circulante foi determinado por método enzimático (glicerol fosfato oxidase/peroxidase). Através de punção venosa, foi retirado 5mL de sangue em cada

coleta. Após cada coleta, o material foi centrifugado por 10min a 3.000rpm para a obtenção da amostra de soro. A determinação do glicerol no soro foi feita utilizando-se um kit da Labtest Diagnóstica S/A, Brasil. A análise da lactacidemia foi feita a partir de uma punção venosa capilar com o uso de um lactímetro portátil (Accusport).

### Prescrição do exercício resistido

A carga utilizada para prescrição em cada exercício foi compatível com o treinamento de resistência muscular localizada (RML) (50% do teste de 1RM), o qual já vinha sendo realizado regularmente pelo sujeito da pesquisa antes do experimento. A prática de musculação consistia em 12 exercícios com três séries e 15 repetições, com recuperação de 25s entre as séries e um intervalo de 1min entre os exercícios. A sessão de musculação teve uma duração aproximada de 45min. Durante a prática de musculação a pressão arterial e a frequência cardíaca foram monitoradas ao final da execução da seqüência de três séries em cada exercício.

### Prescrição do exercício aeróbico

Após a ergoespirometria, obteve-se o  $VO_{2máx}$  e o coeficiente metabólico ( $MET_{máx}$ ). De acordo com a metodologia recomendada pelo ACSM<sup>9</sup> foi prescrita uma intensidade de 40% do  $VO_{2máx}$ , ajustando a velocidade na esteira e correspondente frequência cardíaca (FC) compatível para esta intensidade com uma duração de 60min.

### Protocolo de intervenção

Este estudo foi dividido em duas etapas: na primeira, foi realizada somente uma atividade predominantemente aeróbica; e, na segunda situação, a atividade predominantemente aeróbica foi precedida por uma atividade predominantemente anaeróbica. As duas etapas ocorreram

**Tabela 1** - Valores de pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e frequência cardíaca (FC) durante a execução de cada exercício em uma sessão de musculação

Exercícios	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)	FC (bpm)
flexor	96	66	122
leg press	96	66	130
panturrilha	90	60	128
voador	90	60	108
mesa extensora (dinâmico)	86	64	130
mesa extensora (isométrico)	86	64	115
hight pulley	96	70	125
adutor	90	60	122
abdominal (reto)	90	60	92
abdominal (oblíquo)	110	70	102
glúteo	100	60	120
tríceps	90	55	123

com uma diferença de 48h, sendo os testes realizados às 9h da manhã com o sujeito da pesquisa na situação de jejum por 12h. Nos dias anteriores ao experimento, o sujeito da pesquisa recebeu uma dieta balanceada, prescrita por um nutricionista, padronizando a carga de nutrientes ingeridos na véspera dos testes bioquímicos.

### Desenho experimental

1ª etapa: a) Dosagem do glicerol no repouso (basal); b) dosagem do lactato no repouso (basal); c) exercício aeróbico (40% do  $VO_{2máx}$ ) durante 1h, com análise da lactacidemia a cada 5min; d) dosagem de glicerol imediatamente ao final do exercício aeróbico.

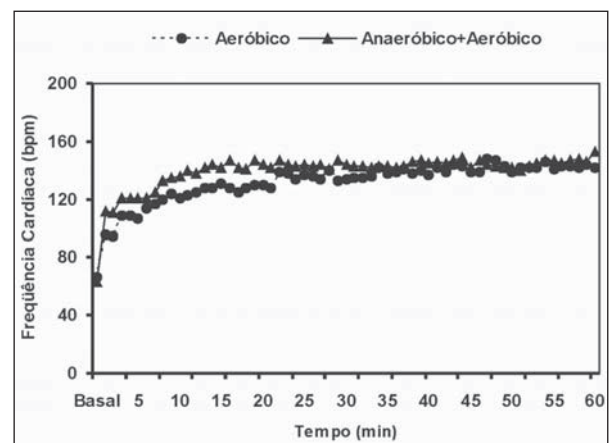
2ª etapa: a) Dosagem do glicerol no repouso (basal); b) dosagem do lactato no repouso (basal); c) exercício de musculação durante 30min; d) dosagem do lactato ao final da musculação; e) exercício aeróbico (40% do  $VO_{2máx}$ ) durante 1h, com análise de lactacidemia a cada 5min; f) dosagem do glicerol imediatamente ao final do exercício aeróbico.

## RESULTADOS

A análise dos dados foi feita de forma descritiva, mostrando as diferenças entre as situações, na forma de percentuais.

A Tabela 1 mostra o estímulo cardiovascular induzido por uma sessão de exercícios musculares localizados. A FC teve variações durante a sessão, no entanto os valores não foram superiores a 50% da FC de reserva (130bpm). De forma semelhante, a pressão arterial teve poucas variações durante esta sessão. Estes resultados confirmam estudos anteriores, onde já foi mostrado que, durante o exercício resistido, ocorre um menor estímulo

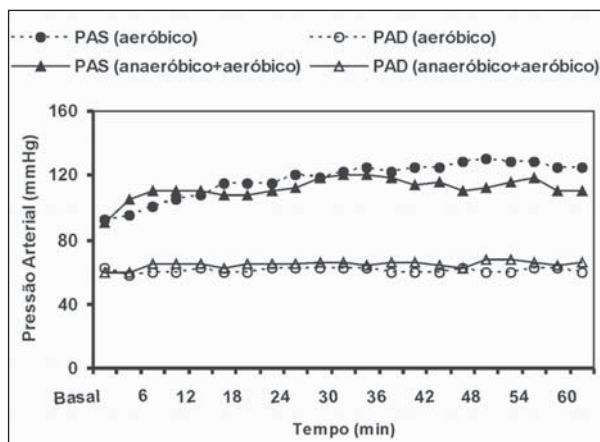
**Figura 1** - Registro da frequência cardíaca a cada minuto, durante 60min de exercício predominantemente aeróbico (40% do  $VO_{2máx}$ ) em esteira rolante, na presença (anaeróbico+aeróbico) ou na ausência (aeróbico) de exercícios prévios de resistência muscular localizada (anaeróbico)



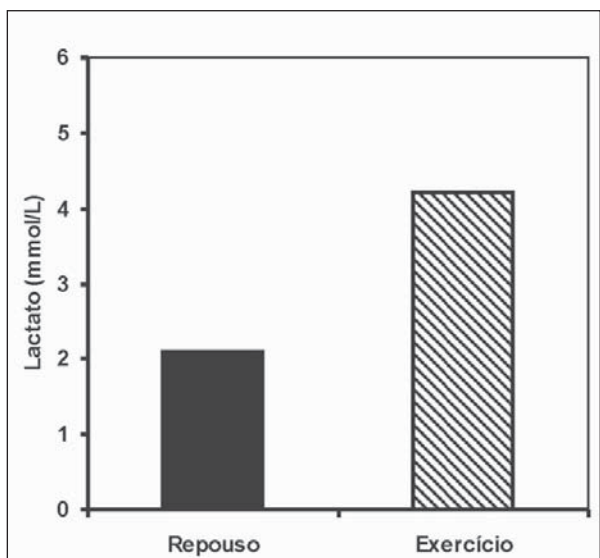
cardiovascular quando comparado com o exercício dinâmico<sup>10,11,12</sup>.

A Figura 1 mostra que nos primeiros 20min do exercício predominantemente aeróbico na esteira a FC foi, em média, 10% menor na situação onde o protocolo de exercício na esteira (aeróbico) não era precedido por exercícios de RML. Após este período, a FC atingiu um estado de equilíbrio (*steady state*) em ambas as situações, não sendo mais observadas diferenças. Estas diferenças iniciais na FC durante os primeiros 20min de exercício aeróbico na esteira se devem, provavelmente, ao estímulo cardiovascular prévio decorrente do exercício muscular localizado frente à outra situação, onde o sujeito partia do repouso absoluto antes do exercício na esteira. A PAS

**Figura 2** - Verificação da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) a cada 3min, durante 60min de exercício predominantemente aeróbico (40% do  $VO_{2máx}$ ) em esteira rolante, na presença (anaeróbico+aeróbico) ou na ausência (aeróbico) de exercícios prévios de resistência muscular localizada (anaeróbico)



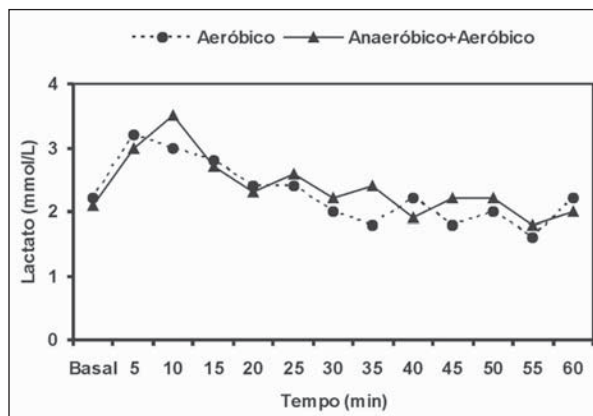
**Figura 3** - Análise do lactato sangüíneo no repouso e imediatamente após o término de uma sessão de exercícios musculares localizados a 50% do 1RM



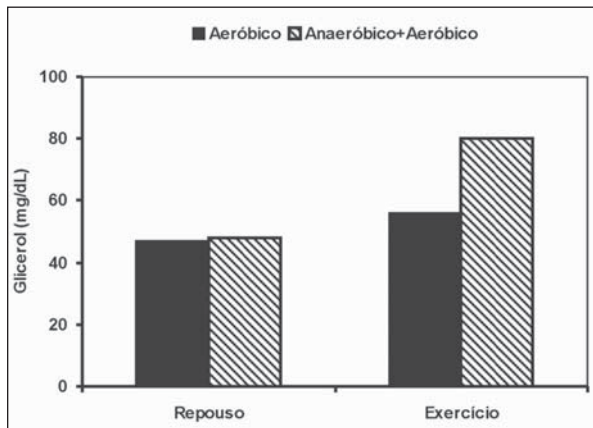
e a PAD tiveram um comportamento fisiológico normal durante todas as fases do protocolo de teste na esteira, sendo observado um aumento de 30% na PAS e uma estabilização ou tênue alteração na PAD, em ambas as situações experimentais (Figura 2).

A análise da lactacidemia mostrou que o exercício muscular localizado (musculação) induziu um maior estímulo da glicólise anaeróbica láctica quando comparado com o exercício de longa duração na esteira ergométrica. No exercício de musculação foram encontrados valores de lactato superiores a  $4\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (Figura 3), os quais são compatíveis com a anaerobiose encontrada durante diferentes modelos de exercício<sup>13,14,15,16</sup>. Ao analisarmos os valores de lactato, durante o exercício executado na esteira ergométrica, ve-

**Figura 4** - Análise do lactato sangüíneo no Basal (pré-esforço) e a cada 5min durante 60min de exercício predominantemente aeróbico (40% do  $VO_{2máx}$ ) em esteira rolante, na presença (anaeróbico+aeróbico) ou na ausência (aeróbico) de exercícios prévios de resistência muscular localizada (anaeróbico)



**Figura 5** - Dosagem de glicerol no soro nas situações de repouso antes de exercícios musculares localizados (anaeróbico+aeróbico) ou de 60min de esteira (aeróbico) e imediatamente após o término de 60min de exercício predominantemente aeróbico (40% do  $VO_{2máx}$ ) em esteira rolante na presença (anaeróbico+aeróbico) ou na ausência (aeróbico) de exercícios prévios de resistência muscular localizada



rificamos que estes estiveram ligeiramente mais elevados quando este exercício foi precedido da musculação. Por outro lado, verificou-se uma maior concentração de glicerol quando o exercício na esteira foi precedido do trabalho de musculação (aumento de 30% em relação ao exercício somente na esteira), e situações de repouso (aumento de 42% em relação ao basal no repouso). No entanto, os valores de glicerol não foram dosados em diferentes momentos do exercício na esteira, o que prejudica a discussão a respeito da relação do fator tempo de exercício na resposta de hidrólise do triglicerídeo.

## DISCUSSÃO

Quando o exercício se torna muito intenso, o excesso de catecolaminas circulantes pode prejudicar a perfusão muscular e, conseqüentemente, o influxo de oxigênio para o tecido muscular<sup>5</sup>. Desta forma, a prática de exercícios resistidos por si só (musculação) e com intermitência, não representa a melhor estratégia para programas que visem à perda de massa gorda. Sendo assim, a prática de musculação em um programa que visa à perda de massa gorda torna-se secundária e, freqüentemente, têm como objetivo aumentar o tônus e a RML, importantes para fins estéticos e funcionais. Em contrapartida, já é bem sabido que o exercício de baixa intensidade e longa duração induz maior hidrólise de triglicerídeo armazenado no tecido adiposo, o que acarreta exportação de ácidos graxos e glicerol para o sangue, podendo ser percebido pelo aumento em até quatro vezes na concentração de glicerol circulante nestas situações<sup>3,4</sup>. No entanto, o exercício físico sustentado em intensidades superiores a 65% do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  acaba requerendo uma demanda energética cada vez menos dependente de ácidos graxos oriundos do tecido adiposo e, gradativamente, mais dependente dos estoques intramusculares de carboidratos e gorduras. Além disso, já foi verificado que, apesar da concentração de ácidos graxos aumentarem durante exercícios de alta intensidade, as taxas de oxidação de gordura apresentam-se ainda inferiores àquelas observadas em exercícios de baixa intensidade<sup>5</sup>. O mecanismo responsável por esta redução na mobilização e consumo de ácidos graxos durante o exercício de alta intensidade, ainda não está bem esclarecido. No entanto, sabe-se que, com o aumento da intensidade, verificamos um decorrente aumento da concentração de catecolaminas na corrente sangüínea, o que poderia induzir uma redução no fluxo sangüíneo para o tecido adiposo (vasoconstrição), prejudicando a liberação de ácidos graxos do tecido adiposo para posterior consumo no músculo esquelético<sup>5</sup>. Partindo desta premissa, freqüentemente a prática de musculação ocorre após a parte aeróbica de um programa de emagrecimento, com a justificativa de que a musculação poderia estar prejudicando o metabolismo aeróbico por

ser predominantemente anaeróbica. Neste sentido, o resultado do presente estudo é interessante, na medida em que não existe um consenso na literatura a respeito da ordem de execução dos exercícios resistidos em relação ao exercício dinâmico e predominantemente aeróbico, no que se refere a programas que visam perda da massa gorda. Sendo assim, o presente trabalho sugere futuros estudos com grupos homogêneos no que se refere ao sexo, massa magra, percentual de gordura, idade e nível de aptidão física, enfatizando o efeito tempo-dependente do exercício dinâmico com características predominantemente aeróbicas, precedido ou não de exercícios musculares localizados, no que se refere ao consumo de gordura.

## REFERÊNCIAS

- Horowitz JF. Fatty acid mobilization from adipose tissue during exercise. *Trends Endocrinol Metab.* 2003;14(8):386-92.
- Horowitz JF, Mora-Rodriguez R, Byerley LO, Coyle EF. Lipolytic suppression following carbohydrate ingestion limits fat oxidation during exercise. *Am J Physiol.* 1997;273:E768-75.
- Klein S, Coyle EF, Wolfe RR. Fat metabolism during low-intensity exercise in endurance trained and untrained men. *Am J Physiol.* 1994;267:E934-40.
- Wolfe RR, Klein S, Carraro F, Weber JM. Role of triglyceride-fatty acid cycle in controlling fat metabolism in humans during and after exercise. *Am J Physiol.* 1990;258:E382-9.
- Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Zhang XJ, Wolfe RR. Relationship between fatty acid delivery and fatty acid oxidation during strenuous exercise. *J Appl Physiol.* 1995;79(6):1939-45.
- Bruce R. Exercise testing of patients with coronary heart disease: Principles and normal standards for evaluation. *Ann Clin Res.* 1971;3(6):323-4.
- Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc.* 1980;12:175-81.
- Siri WE. Body composition from fluid spaces and density. Em: Brozek J, Henschel A, (editores). *Techniques for measuring body composition.* Washington DC: National Academy of Science; 1961.
- American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription.* 6ª ed. Baltimore, Md: Lippincott Williams and Wilkins; 2000.
- Farinatti PTV, Assis B. Estudo da freqüência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios contra-resistência e aeróbio contínuo. *Rev Bras Ativ Fis Saúde.* 2000;5:5-16.
- Coelho CW, Hamar D, Araújo CGS. Physiological responses using 2 high-speed resistance training protocols. *J Strength Cond Res.* 2003;17:334-7.
- Paschoa DC, Coutinho JFS, Almeida MB. Análise da variabilidade da freqüência cardíaca no exercício de força. *Rev SOCERJ.* 2006;19:385-90.
- Roberts RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol.* 2004;287:502-16.
- Sahlin K, Edstrom L, Sjöholm H, Hultman E. Effects of lactic acid accumulation and ATP decrease on muscle tension and relaxation. *Am J Physiol Cell Physiol.* 1981;240:C121-6.
- Sahlin K, Katz A, and Henriksson J. Redox state and lactate accumulation in human skeletal muscle during dynamic exercise. *Biochem J.* 1987;245:551-6.
- Spiet LL. Anaerobic metabolism in human skeletal muscle during short-term, intense activity. *Can J Physiol Pharmacol.* 1992;70:157-65.

Recebido: 07/05/2008 – Aceito: 21/09/2008