

**Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP**

**Instituto de Biociências**

**Campus de Botucatu**

**Breno Hattori**

**EFEITO DA ESPECIFICIDADE DO  
TREINAMENTO (DE FUNDISTAS E  
CULTURISTAS) SOBRE OS INDICADORES  
BIOQUÍMICOS DO ESTRESSE OBTIDOS EM  
TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO EM ESTEIRA  
E COM PESOS**

**Botucatu - 2009**

**Breno Hattori**

**EFEITO DA ESPECIFICIDADE DO TREINAMENTO (DE  
FUNDISTAS E CULTURISTAS) SOBRE OS  
INDICADORES BIOQUÍMICOS DO ESTRESSE OBTIDOS  
EM TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO EM ESTEIRA E COM  
PESOS**

**Monografia apresentada ao Instituto de  
Bociências, Universidade Estadual Paulista  
“Júlio de Mesquita Filho”, campus de Botucatu,  
para obtenção do título de bacharel em  
Ciências Biológicas.**

**Orientador: Roberto Carlos Burini**

**Supervisor: Silvia Mitiko Nishida**

**Botucatu, São Paulo, 2009**

## Resumo

Dezesseis atletas treinados em musculação (grupo AN = 7) ou em corridas de longa distância (AE = 9) foram submetidos a exercícios de máxima intensidade específicos e inespecíficos a sua modalidade de treinamento. A influência da especificidade do treinamento sobre as alterações promovidas por sessões agudas de exercício exaustivo nos parâmetros hemodinâmicos, de dano muscular e de estresse oxidativo foi analisada, e foram comparados os padrões de resposta aos exercícios entre os dois grupos. Os testes máximos consistiram de teste exaustivo em esteira, utilizando protocolo de rampa, e teste com pesos utilizando cargas iniciais de 80% de 1RM, progressivamente reduzidas, até a exaustão, em dois exercícios que abrangeram grupos musculares distintos. Foram realizadas coletas de sangue antes e imediatamente após os exercícios para a determinação de indicadores de hemoconcentração, de lesão muscular, de processo inflamatório e determinação de parâmetros hemogasimétricos. A glicemia se elevou significativamente após os testes somente para o grupo AE. Foram verificados aumentos significativos na acidose devidos a elevação das concentrações de lactato,  $H^+$  combinados a redução do  $HCO_3^-$ . Foram observadas variações significativas nas concentrações dos íons sódio e potássio. Também houveram aumentos significativos nas concentrações de CPK e DHL. Além disso, houveram elevações das concentrações plasmáticas e dos leucócitos. Dentro dos parâmetros analisados, as respostas observadas não foram uniformes em comparação aos dois grupos, e houve variação também interna aos grupos, quando comparados os exercícios específicos aos inespecíficos. Os resultados apontam que embora seja esperada uma resposta metabólica característica após o esforço físico exaustivo, a especificidade do treinamento é determinante sobre os processos adaptativos metabólicos ao exercício, e isso se reflete diretamente no desempenho atlético.

## 1. Introdução

O aumento da massa e do desempenho muscular são fatores determinantes para o rendimento atlético máximo, entretanto dependem de treinamento. As respostas do treinamento sobre o desempenho atlético dependem tanto da frequência da realização do exercício, quanto da intensidade e modo de execução (1).

O treinamento com aplicação regular de sobrecarga gera uma série de adaptações metabólicas e estruturais nos indivíduos, possibilitando aumentos subsequentes na intensidade do treinamento e com isso aumento do desempenho atlético (2). As principais adaptações à prática do exercício são observadas no sistema cardiorrespiratório e na musculatura esquelética, que respondem de acordo com o tipo de treinamento realizado.

O músculo esquelético humano é um tecido de grande plasticidade, composto por fibras funcionalmente diferenciadas (1,3) que podem sofrer regeneração e remodelagem em resposta às demandas funcionais do exercício (1,2,3,4,5,6). Na musculatura esquelética estriada, o treinamento com exercícios de natureza predominantemente aeróbia é caracterizado pelo aumento de vascularização tecidual, densidade mitocondrial e desenvolvimento de fibras do tipo I (oxidativas de contração lenta), elevando a capacidade de oxidação lipídica e a resistência aeróbia (4,5,6,7). Por outro lado, o treinamento máximo com pesos, conhecidos como exercícios contra resistência, resultam em hipertrofia muscular, desenvolvimento das fibras do tipo II (de contração rápida) e conseqüente aumento da força muscular (2,3,4,7,8).

Esses eventos são respostas adaptativas decorrentes do treinamento crônico e específico à modalidade praticada. O esforço físico exaustivo, muitas vezes atingido durante o treinamento, constitui importante estímulo gerador de alterações metabólicas agudas (9). Adicionalmente, inúmeras alterações hemodinâmicas são encontradas após exercício físico exaustivo. Variações em parâmetros de acidoze,

hemoconcentração, osmolaridade, dano muscular e células inflamatórias são comumente vistos. Entretanto, as respostas podem apresentar padrões distintos de acordo com a especificidade do treinamento, quando realizadas de formas diferentes (exaustão física em esteira ou com pesos),

O objetivo do presente estudo foi investigar as respostas hemodinâmicas de atletas de diferentes modalidades de treinamento submetidos a testes de esforço físico máximo específicos e inespecíficos à sua modalidade de treinamento.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1. Casuística**

Foram recrutados dezesseis indivíduos do sexo masculino, selecionados de acordo com a especificidade do treinamento: atletas treinados aerobicamente (grupo AE, formado por 9 corredores maratonistas), com média de idade de  $39,4 \pm 7$  anos, e atletas treinados anaerobicamente (grupo AN, formado por 7 fisiculturistas), com média de idade de  $29,7 \pm 4$  anos, todos com período de experiência de treinamento de pelo menos dois anos anteriores ao início do estudo. Foram excluídos aqueles que relataram alguma intercorrência clínica, como distúrbios cardiorrespiratórios, doença articular, doença hepática, doença renal ou etilismo. Todos os indivíduos estavam cientes do objetivo e dos procedimentos do estudo e assinaram o termo de consentimento que foi apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina de Botucatu (resolução 196/96 sobre “Pesquisas envolvendo seres humanos, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde”).

### **2.2. Delineamento experimental**

Ambos os grupos, AE e AN, foram submetidos a testes de esforço máximo em esteira e com pesos (figura 1). Antes e imediatamente após os testes, foram realizadas coletas sanguíneas, através de punção venosa, para análise laboratorial dos parâmetros sanguíneos a serem estudados.

Cada indivíduo, independente do grupo, realizou ambos os testes de esforço máximo, respeitando tempo de recuperação de 15 dias entre os testes.

O recrutamento dos atletas pelos pesquisadores ocorreu por meio de convites verbais aos candidatos, que deveriam estar de acordo com os critérios de inclusão e exclusão e o termo de consentimento.

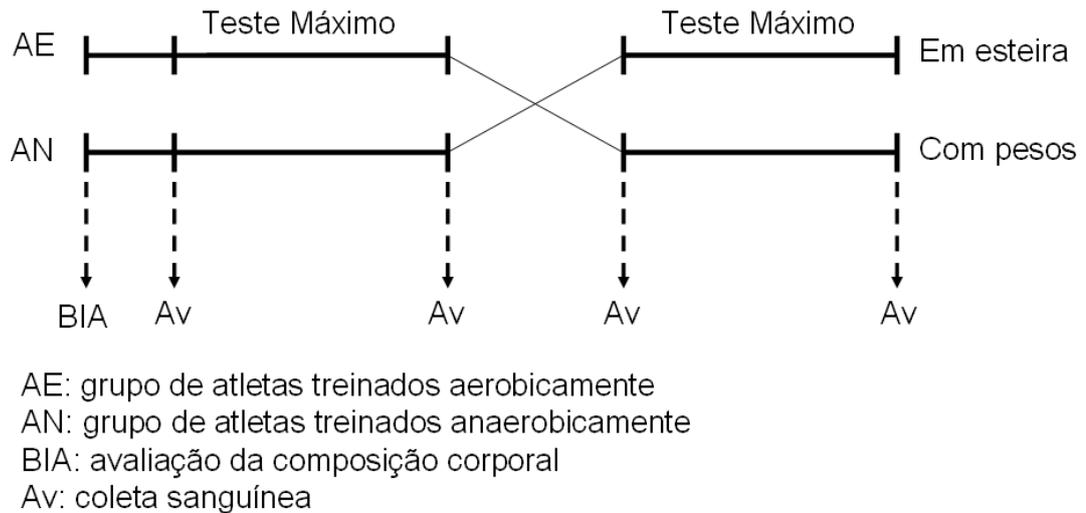


Figura 1. Delineamento experimental.

Como medida de segurança, durante os testes foram monitorados os perfis de batimento cardíaco, frequência cardíaca e pressão arterial.

## 2.1. Antropometria

Foi realizado cálculo da composição corporal (percentual de gordura corporal (%G) e massa livre de gordura (MLG) pelo exame da impedância bioelétrica (BIA)(Biodinâmics®, modelo 450, USA). A partir da resistência em ohm obtida pela BIA e do cálculo pelo IMC, foi aplicada a equação de Segal et al (1988) (10), que calcula a massa livre de gordura (MLG). A partir dos valores da MLG estimou-se a gordura absoluta (GA) pela subtração do peso corporal menos a MLG e calculada a %G pela fórmula:

$$\%G = \frac{GA \times 100}{PC}$$

Para determinação da massa muscular (MM) utilizou-se a equação de Janssen et al. (2000) (11). Adicionalmente, foram mensurados altura e peso para posterior

determinação do índice de massa corporal (IMC); foram aferidas as dobras cutâneas: (12,13) tricipital, abdominal, coxa, peitoral e panturrilha e circunferências: braquial, coxa, panturrilha.

## **2.2. Dados nutricionais**

Previamente aos testes de esforço máximo, os indivíduos receberam café da manhã padronizado com 1 unidade de pão francês (50g), 2 pontas de faca de margarina com sal Becel® (12g), 1 copo (200mL) de leite desnatado e 1 colher de sobremesa de achocolatado (10g). Após o café da manhã foi obedecido intervalo de 1 hora para o teste ser realizado.

Adicionalmente, após o café da manhã e antes da realização do teste, foram aplicados questionários sobre conhecimentos e hábitos nutricionais dos atletas e recordatório alimentar de 24h.

Por fim, os atletas receberam orientação para elaboração do registro alimentar de 3 dias, sendo 2 dias durante a semana e 1 dia de final de semana, em dias não consecutivos.

## **2.3. Determinação da carga máxima individual**

Para este teste de determinação da carga máxima (1RM) ao qual o indivíduo suporta, não houve intervenção nutricional nem foram solicitadas quaisquer modificações na rotina de treinamento dos atletas.

Previamente ao início do teste, foram aferidas a frequência cardíaca e pressão arterial em repouso dos participantes. Para isso foram usados esfigmomanômetro (BD Dial Sonic) e freqüecímetros (Polar FS2). Foram realizados testes de 1RM para dois exercícios: primeiramente supino reto com barra livre (10Kg) e, em seguida, rosca Scott com barra "W" livre (4,5Kg).

O protocolo do teste consistiu num aquecimento inicial no próprio aparelho do exercício, para o qual o atleta era solicitado a realizar uma primeira série de 15 repetições do exercício; uma segunda série de 8-12 repetições e uma terceira série de 3-5 repetições, com 1 minuto de recuperação entre as séries. Os participantes não receberam ajuda externa para a execução dos exercícios, apenas para retirar e devolver os pesos ao suporte. A orientação para a execução de cada repetição era para que o atleta realizasse um movimento excêntrico seguido por movimento concêntrico completos, de forma que as repetições encurtadas foram desconsideradas. Foram utilizadas cargas baixas para o aquecimento, e de acordo com a percepção de esforço apontada pelo atleta numa escala de percepção de esforço (Börg), as cargas eram aumentadas. Imediatamente após cada série, foi verificada a frequência cardíaca do participante e após a última série do aquecimento a pressão arterial era aferida novamente. Ao término das 3 séries de aquecimento, houve um período de 5min de recuperação, após o qual novamente foram aferidas pressão arterial e frequência cardíaca, para então dar início as tentativas de obtenção da carga máxima.

Foi estipulado um limite de 4 tentativas por atleta para que se encontrasse a carga máxima em cada aparelho. Entre cada uma das tentativas foram dados 5min de intervalo, e logo após cada tentativa foram aferidas pressão arterial e frequência cardíaca. O ajuste da carga de cada tentativa era feita por meio da percepção de esforço do atleta, por meio da escala de Börg. Ao término do teste, o atleta era solicitado a permanecer por 5min em repouso (sentado) e então era feita novamente a verificação da frequência cardíaca e da pressão arterial. Todos os testes foram realizados pelos mesmos avaliadores.

#### **2.4. Teste exaustivo em esteira**

Os testes foram realizados no Centro de Metabolismo em Exercício e Nutrição (CeMENutri - Unesp - Botucatu). Previamente ao início do teste, foi realizado eletrocardiograma de repouso e aferida pressão arterial dos participantes pelo método auscultatório com esfigmomanômetro (BD Dial Sonic) juntamente com uma coleta sanguínea.

O teste foi realizado em esteira rolante (Quinton - QMC 65 series 90), sendo utilizado protocolo de rampa, o qual se iniciava em 6 km/h com incremento de 0,5 km/h a cada minuto até 8 km/h, em seguida a intensidade era aumentada em 1 km/h por minuto; aos 10 km/h e 15 km/h a inclinação sofria incremento em 5%, até a exaustão voluntária dos indivíduos. A pressão arterial foi aferida até 8 km/h e no pico do esforço.

Logo após o final do teste, era verificada PA, e outra coleta de sangue era realizada para análises dos panoramas bioquímicos após o exercício exaustivo.

#### **2.5. Teste exaustivo com pesos**

Os testes foram realizados nos mesmos equipamentos utilizados no teste de 1 RM.

Inicialmente, os indivíduos foram submetidos a uma coleta de sangue (veia do braço) para análises bioquímicas em repouso. Em seguida os atletas receberam a mesma alimentação padronizada precedente ao teste de exaustão em esteira, e também foi repetido o período de 1hr em repouso para a realização do teste.

Previamente ao início do teste, foram aferidas a frequência cardíaca e pressão arterial em repouso dos participantes.

O teste foi realizado utilizando primeiramente o supino reto com barra livre e, em seguida, rosca Scott com barra W livre.

O protocolo era iniciado no supino com uma carga correspondente a 80%RM, que subseqüentemente era ajustada para 60%, 40%, terminando a 20%. Os atletas eram orientados a realizar repetições completas de movimentos rápidos com as respectivas cargas até que não conseguissem realizar um movimento completo. A isometria do movimento ou a incapacidade da realização de um movimento completo determinavam o momento de reajuste da carga. Sem intervalo entre os ajustes de carga, os atletas reiniciavam as repetições de movimentos até que novamente não fossem capazes de completar um movimento. O processo se repetia até a carga de 20%RM. Em seguida e sem intervalo de descanso, iniciava-se o exercício de rosca de braço, seguindo os mesmos procedimentos.

Imediatamente ao término do teste, foram verificadas novamente PA e FC, e era realizada outra coleta de sangue para análise do panorama bioquímico pós-exercício.

## **2.6. Avaliação laboratorial**

Antes e imediatamente após a realização dos testes exaustivos (em esteira e com pesos) foram coletadas amostras sanguíneas (20mL por coleta) para análises laboratoriais posteriores. Os testes foram realizados todos nos períodos matutinos, após jejum noturno dos atletas.

Os parâmetros laboratoriais avaliados estavam relacionados à hemoconcentração, osmolaridade, acidose e gasometria sanguínea, inflamação e lesão muscular:

- Hemoconcentração: hematócrito (Hct); hemoglobina (Hb); albumina sérica (alb).
- Osmolaridade: concentrações de sódio ( $\text{Na}^+$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ).
- Acidose e gases sanguíneos: pH;  $\text{pO}_2$ ;  $\text{pCO}_2$ ; íon bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ).
- Inflamação: leucócitos (números de neutrófilos, linfócitos e monócitos)

- Lesão Muscular: lactato desidrogenase (LDH); creatina quinase (CPK); aspartato-aminotransferase (AST).

- Indicadores negativos à lesão muscular: creatina quinase – MB (CKMB) e gama-glutamilttransferase ( $\gamma$ -GT).

Os parâmetros de hemoconcentração, osmolaridade e acidose foram verificados utilizando analisador automático Omni S<sup>®</sup> (Roche). A contagem diferencial de leucócitos foi feita através do contador automático Coulter ABX<sup>®</sup> (Horiba, Japan), e os indicadores de lesão muscular foram mensurados pelo método Química Seca (Sistema Vitros<sup>®</sup>, Johnson & Johnson). Todas essas dosagens foram realizadas em parceria com o Laboratório Clínico da Faculdade de Medicina de Botucatu, custeadas por recursos próprios do CeMENutri.

## **2.7. Análise estatística**

Os métodos estatísticos utilizados foram a análise descritiva, para caracterização amostral e descrição dos resultados mostrados em média e desvio padrão, o teste t de Student, para verificar as diferenças estatísticas após os testes de exaustão, e o teste de Mann-Whitney para amostras independentes, utilizado para verificar as diferenças dos percentuais de variação ( $\Delta$ ) entre os grupos e entre os testes máximos. Os programas estatísticos utilizados foram o *Statistica 6.0* e o *SAS 6.1*. Foi utilizado nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

### 3. Resultados

#### 3.1. Caracterização amostral

Os atletas fundistas foram caracterizados por apresentarem idade, GC e VO<sub>2</sub>máx elevados em comparação aos culturistas. Em contrapartida, os culturistas apresentaram maiores valores de IMC, maior IMM e conseqüentemente maior força muscular (tabela 1).

Tabela 1. Caracterização amostral antropométrica e física dos atletas

	Idade (anos)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	IMM (kg/m <sup>2</sup> )	GC (%)	VO <sub>2</sub> máx (mL/kg/min)	1RM supino (kg)	1RM rosca scott (kg)
<b>Fundistas (AE)</b>	39,4 ± 7,7 <sup>a</sup>	24,0 ± 1,8 <sup>a</sup>	11,6 ± 1,1 <sup>a</sup>	15,8 ± 3,9 <sup>a</sup>	63,0 ± 5,5 <sup>a</sup>	59,4 ± 10,4 <sup>a</sup>	38,8 ± 4,3 <sup>a</sup>
<b>Culturistas (AN)</b>	29,7 ± 4,5 <sup>b</sup>	28,0 ± 5,1 <sup>b</sup>	13,6 ± 2,1 <sup>b</sup>	11,8 ± 5,6 <sup>b</sup>	56,4 ± 10,8 <sup>b</sup>	126,7 ± 5,1 <sup>b</sup>	59,3 ± 7,8 <sup>b</sup>

IMC: índice de massa corporal; IMM: índice de massa muscular; GC: gordura corporal; VO<sub>2</sub>máx: capacidade cardiorrespiratória; 1RM: carga máxima

### **3.2. Respostas hemodinâmicas da exaustão física**

Na tabela 2 são mostradas as respostas dos parâmetros sanguíneos analisados antes e após os testes de exaustão em esteira e com pesos, para ambos os grupos.

Foram observadas alterações nos parâmetros de acidose em ambos os testes e grupos, com aumento do lactato e redução do pH e  $\text{HCO}_3^-$ , aumento da  $\text{pO}_2$  e redução da  $\text{pCO}_2$ . A glicemia também elevou-se em todos os atletas após os testes de exaustão, porém somente nos atletas AE foi observado aumento significativo. Nos parâmetros de osmolaridade celular foi observado que o sódio sérico se elevou significativamente, enquanto o potássio sérico reduziu nos atletas quando submetidos ao teste máximo específico, entretanto, sem mudanças com relação aos valores limítrofes.

Em relação à atividade enzimática estudada, foi verificado aumento das enzimas musculares CPK e DHL, porém este somente foi significativo para os atletas do grupo AN após teste máximo específico. As demais enzimas estudadas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Foi observado hemoconcentração com aumento significativo da concentração de albumina sérica após ambos os testes máximos e grupos, sendo essa mais evidente nos atletas AE após teste máximo em esteira (específico), onde também foi observado aumento significativo do hematócrito e da concentração de hemoglobina.

Adicionalmente, os testes máximos foram capazes de induzir resposta inflamatória aguda em ambos os grupos, com aumento dos números absolutos dos leucócitos, aumento do número de neutrófilos, linfócitos e também monócitos.

**Tabela 2. Respostas hemodinâmicas antes e após testes máximos de exaustão física em fundistas (AE) e culturistas (AN).**

	Exaustão em esteira				Exaustão com pesos			
	AE		AN		AE		AN	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
pH	7,343 ± 0,030	7,168 ± 0,075*	7,331 ± 0,015	7,172 ± 0,056*	7,332 ± 0,04	7,198 ± 0,05*	7,341 ± 0,014	7,148 ± 0,046*
pO <sub>2</sub> (mmHg)	30,2 ± 11,1	67,2 ± 10,7*	31,6 ± 5,2	57,7 ± 10,7*	34,1 ± 10,5	57,9 ± 8,9*	33,5 ± 11,6	67,6 ± 4,0*
pCO <sub>2</sub> (mmHg)	52,0 ± 5,8	41,7 ± 5,5*	53,7 ± 5,9	45,4 ± 10,7	54,9 ± 9,6	46,7 ± 9,4*	51,6 ± 3,1	43,2 ± 7,4*
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L)	26,8 ± 1,6	14,7 ± 1,1*	27,1 ± 2,2	16,2 ± 3,4*	27,6 ± 2,9	17,1 ± 2,7*	26,7 ± 1,9	14,4 ± 0,9*
Lactato (mmol/L)	1,7 ± 0,8	14,9 ± 2,6*	2,0 ± 0,6	13,2 ± 0,8*	2,6 ± 0,9	16,8 ± 2,5*	2,1 ± 0,5	19,1 ± 0,6*
Glicose (mg/dL)	89,6 ± 5,7	127,7 ± 20,7*	88,8 ± 9,0	105,5 ± 24,9	80,7 ± 6,3	103,6 ± 23,6*	78,1 ± 5,9	99,3 ± 20,0
Sódio (mmol/L)	139,4 ± 1,1	142,2 ± 1,2*	140,4 ± 3,1	141,7 ± 1,3	140,3 ± 1,7	141,3 ± 2,6	139,8 ± 1,3	143,6 ± 1,5*
Potássio (mmol/L)	3,83 ± 0,19	3,56 ± 0,16*	3,79 ± 0,31	3,63 ± 0,17	4,19 ± 0,41	3,27 ± 0,22*	4,07 ± 0,29	3,33 ± 0,16*
AST (U/L)	34,3 ± 11,4	35,8 ± 10,6	38,7 ± 12,4	42,0 ± 13,6	30,7 ± 5,0	32,1 ± 4,3	39,0 ± 15,7	43,4 ± 18,7
ALT (U/L)	32,1 ± 13,5	25,8 ± 16,1	49,5 ± 37,5	48,0 ± 45,2	26,7 ± 8,3	21,4 ± 9,5	56,9 ± 46,0	58,3 ± 55,4
Gama-GT (U/L)	25,0 ± 7,3	25,8 ± 8,0	38,7 ± 36,7	42,3 ± 38,8	26,1 ± 8,1	27,7 ± 8,5	43,1 ± 38,6	50,4 ± 49,0
DHL (U/L)	454,4 ± 106,1	469,6 ± 98,5	465,8 ± 36,7	491,5 ± 38,8	437,3 ± 65,4	479,0 ± 76,6	458,7 ± 63,0	508,4 ± 68,2*
CPK (U/L)	201,1 ± 149,6	247,3 ± 175,7	449,7 ± 499,5	656,3 ± 866,5	156,7 ± 105,3	189,4 ± 118,8	251,4 ± 167,7	328,7 ± 215,0
CKMB (U/L)	15,5 ± 4,8	16,4 ± 5,2	14,7 ± 3,5	14,7 ± 5,6	15,1 ± 3,9	14,6 ± 3,4	13,4 ± 1,5	14,3 ± 3,9
Albumina (g/dL)	4,36 ± 0,2	5,16 ± 0,2*	4,2 ± 0,2	5,0 ± 0,3*	4,4 ± 0,1	5,1 ± 0,7*	4,3 ± 0,2	5,5 ± 0,3*
Hemoglobina (g/dL)	15,0 ± 0,8	16,0 ± 0,8*	15,7 ± 0,9	16,8 ± 1,0	15,2 ± 0,8	15,7 ± 0,8	15,4 ± 1,2	16,9 ± 1,2
Hematócrito (%)	44,9 ± 2,2	48,1 ± 2,6*	46,6 ± 3,2	50,2 ± 3,1	47,0 ± 2,8	48,6 ± 2,6	47,8 ± 3,9	51,6 ± 2,5
Hemácias (milhões/mm <sup>3</sup> )	5,0 ± 0,3	5,3 ± 0,3*	5,1 ± 0,4	5,5 ± 0,4	5,1 ± 0,4	5,3 ± 0,2	5,2 ± 0,5	5,7 ± 0,3
Leucócitos (milhares/mm <sup>3</sup> )	5900 ± 2000	9700 ± 1600*	7700 ± 700	11200 ± 1400*	5500 ± 600	8700 ± 1400*	6400 ± 1300	11500 ± 2400*
Neutrófilos (milhares/mm <sup>3</sup> )	2901,7 ± 1475,6	4213 ± 1455,0*	3564,7 ± 842,8	4933,7 ± 1143,3*	2877,7 ± 515,1	4097,4 ± 969,2*	3165,6 ± 863,4	4581,4 ± 1929,1*
Linfócitos (milhares/mm <sup>3</sup> )	2330,3 ± 659,7	4411,1 ± 839,1*	2760,7 ± 751,7	4895,0 ± 1536,5*	1986,1 ± 284,4	3461,1 ± 665,4*	2495,7 ± 718,4	5546,0 ± 1210,2*
Monócitos (milhares/mm <sup>3</sup> )	459,5 ± 201,6	790,3 ± 207,6*	515,3 ± 78,0	922,8 ± 59,0*	433,3 ± 76,5	744,3 ± 131,4*	481,6 ± 128,2	936,4 ± 211,5*

pH: potencial hidrogeniônico; pO<sub>2</sub>: pressão parcial de oxigênio; pCO<sub>2</sub>: pressão parcial de gás carbônico; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: íon bicarbonato; AST: aspartato amino-transferase; ALT: alanina amino-transferase; Gama-GT: gama glutamil-transferase; DHL: desidrogenase láctica; CPK: creatina kinase; CKMB: creatina kinase fração cardíaca.

\*diferença estatística em relação ao pré-teste (p<0,05).

### **3.3. Variação dos parâmetros de acidose e da glicemia**

Não houve diferença significativa na variação (final menos inicial) dos parâmetros de acidose e da glicemia, tanto em teste máximo específico quanto em teste máximo inespecífico e entre ambos (Figura 1).

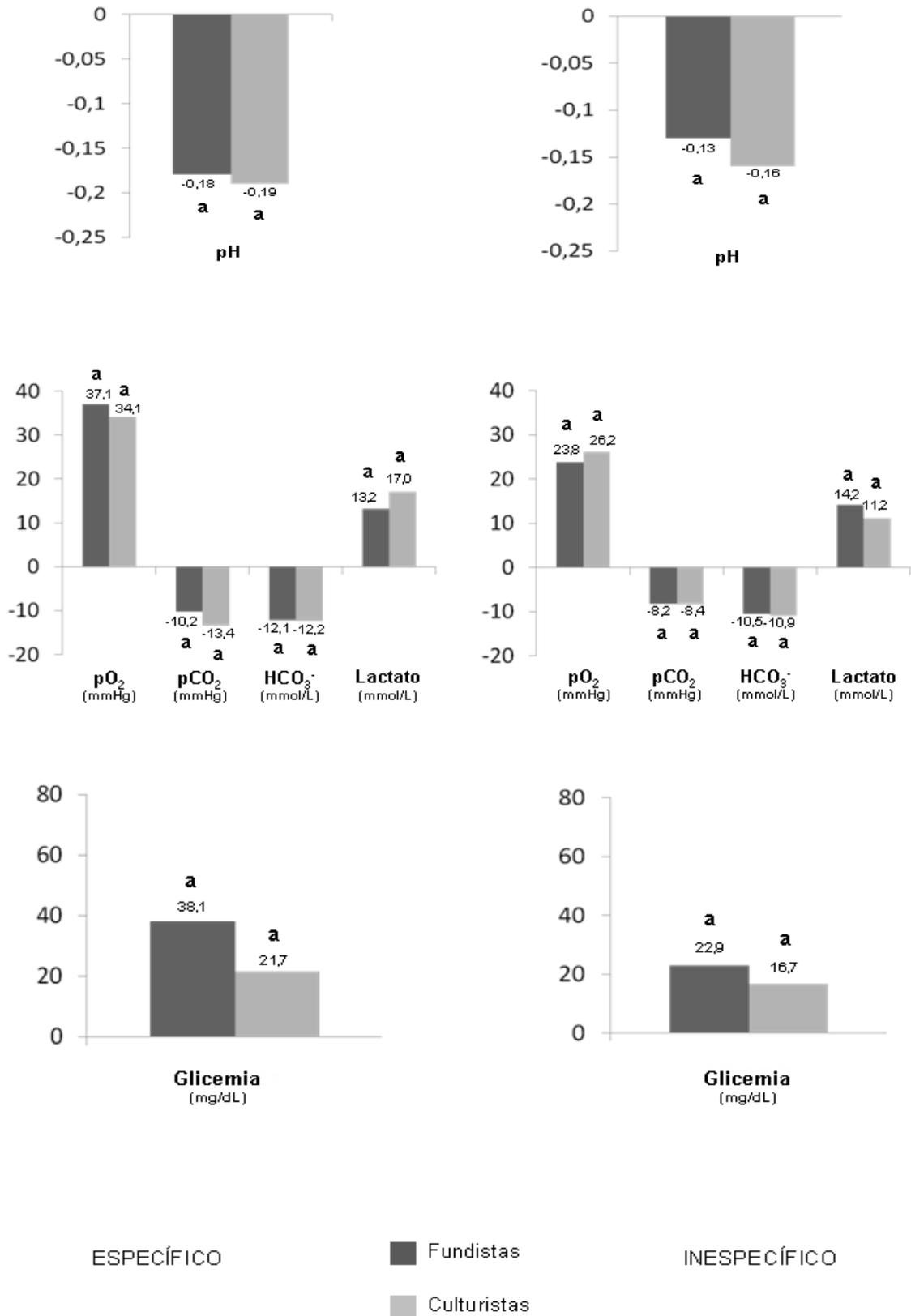


Figura 1. Variação ( $\Delta$ ) dos indicadores de acidose e da glicemia em testes máximos específicos e inespecíficos.

a: comparação do  $\Delta$  (delta) de cada parâmetro intra e intergrupos e intra e inter testes. Sem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

### 3.4. Variação dos parâmetros de osmolaridade celular e hemoconcentração

Em comparação ao teste máximo inespecífico foi visto elevação das concentrações de sódio sérico em ambos os grupos após teste máximo específico. Além disso, após este teste máximo específico o grupo dos culturistas (AN) apresentou maior variação do que o grupo AE.

Semelhantemente, o potássio sérico também apresentou mudanças. Tanto entre grupos como entre a especificidade do teste foi verificada redução das concentrações de potássio, sendo essas variações todas diferentes entre si.

Em relação aos parâmetros de hemoconcentração, somente a variação das concentrações de albumina mostraram diferenças. As concentrações de albumina aumentaram mais no grupo AN em comparação ao grupo AE após teste específico, não sendo diferentes em relação à variação após o teste inespecífico (Figura 2).

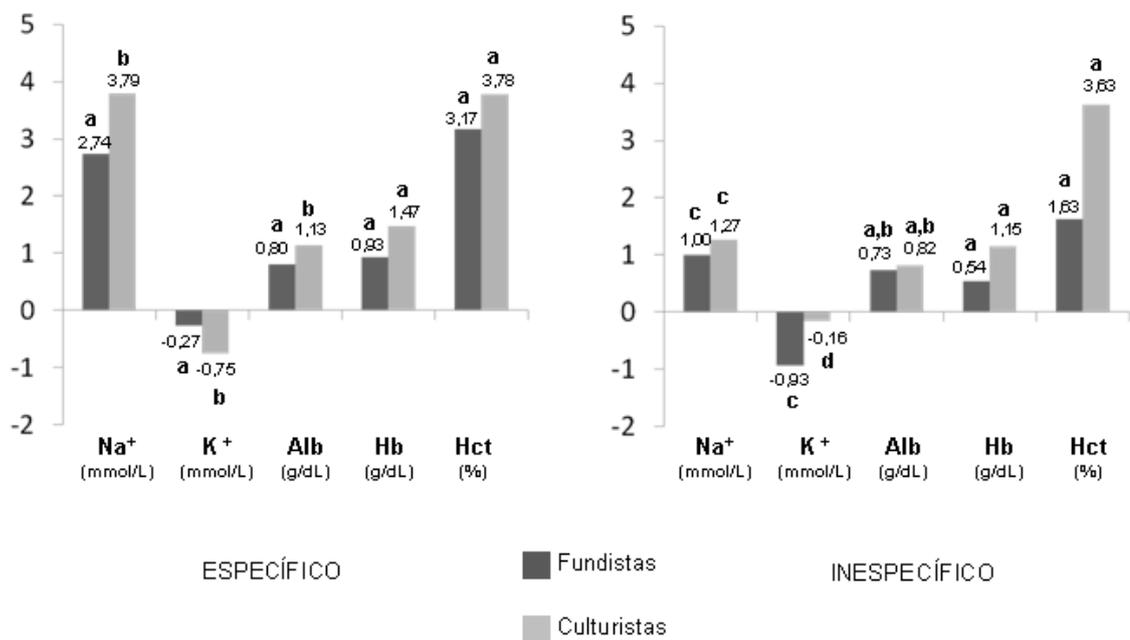


Figura 2. Variação ( $\Delta$ ) dos indicadores de osmolaridade e de hemoconcentração em testes máximos específicos e inespecíficos.

**a:** comparação do  $\Delta$  (delta) de cada parâmetro intra e intergrupos e intra e inter testes. Sem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

**b:** diferente de **a** ( $p < 0,05$ ); **c:** diferente de **b** e **a** ( $p < 0,05$ ); **d:** diferente de **a**, **b** e **c** ( $p < 0,05$ ).

### 3.5. Variação enzimática

A enzima AST sofreu pequeno incremento após os testes em ambos os grupos, porém sem diferença significativa entre grupos e testes. A enzima ALT, que apresentou variação negativa, também não apresentou variação significativamente diferente entre grupos e testes (Figura 3).

Já a enzima gGT, apresentou pequena variação positiva, sendo significativa no grupo AN após exercício específico em comparação ao grupo AE e em comparação à variação após os testes inespecíficos de ambos os grupos (Figura 3).

A lesão muscular esquelética, representada pela atividade das enzimas CPK e DHL, apresentou padrões distintos. As concentrações de CPK variaram positivamente após os testes máximos, porém somente a variação dos indivíduos do grupo AN após teste máximo inespecífico (em esteira) foi significativa. Enquanto isso, a maior variação positiva encontrada entre os valores de DHL também aconteceu no grupo AN, porém, logo após teste máximo específico (com pesos), diferentemente da CPK. A enzima CKMB teve pequena variação não significativa (Figura 4).

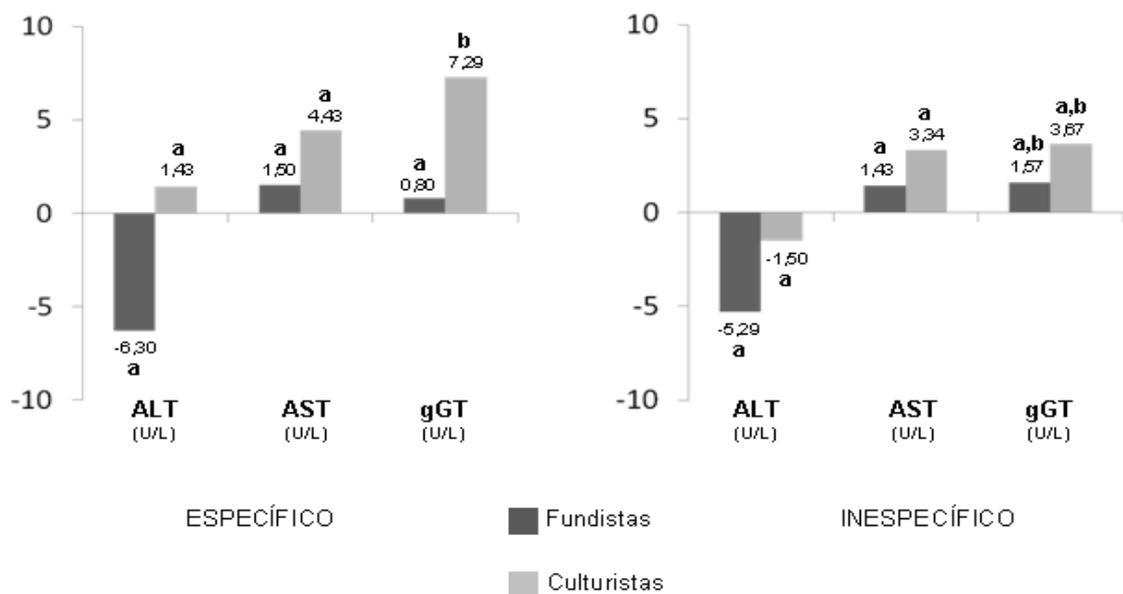


Figura 3. Variação ( $\Delta$ ) enzimática após testes máximos específicos e inespecíficos.

**a:** comparação do  $\Delta$  (delta) de cada parâmetro intra e intergrupos e intra e inter testes. Sem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). **b:** diferente de **a** ( $p < 0,05$ ).

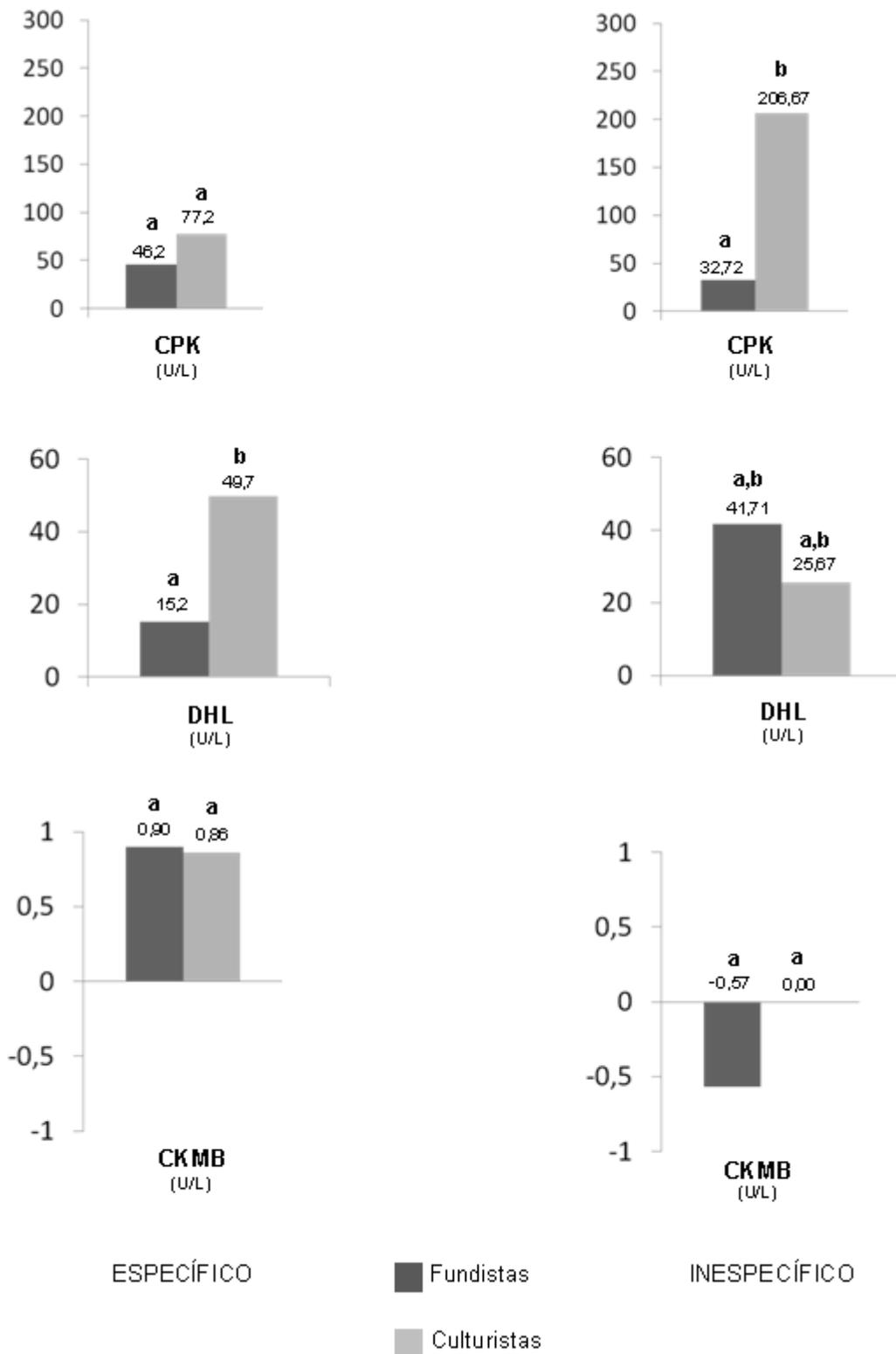


Figura 4. Variação ( $\Delta$ ) enzimática após testes máximos específicos e inespecíficos.

**a:** comparação do  $\Delta$  (delta) de cada parâmetro intra e intergrupos e intra e inter testes. Sem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). **b:** diferente de **a** ( $p < 0,05$ ).

### 3.5. Variação dos parâmetros celulares.

Não foi observada nenhuma diferença entre as variações das concentrações de hemácias entre grupos e entre testes máximos (Figura 5).

Embora as concentrações de leucócitos (totais e diferenciadas) tivessem sido significativamente maiores após os testes máximos em ambos os grupos, não foi encontrada nenhuma diferença entre as variações dos grupos e entre testes (Figura 5).

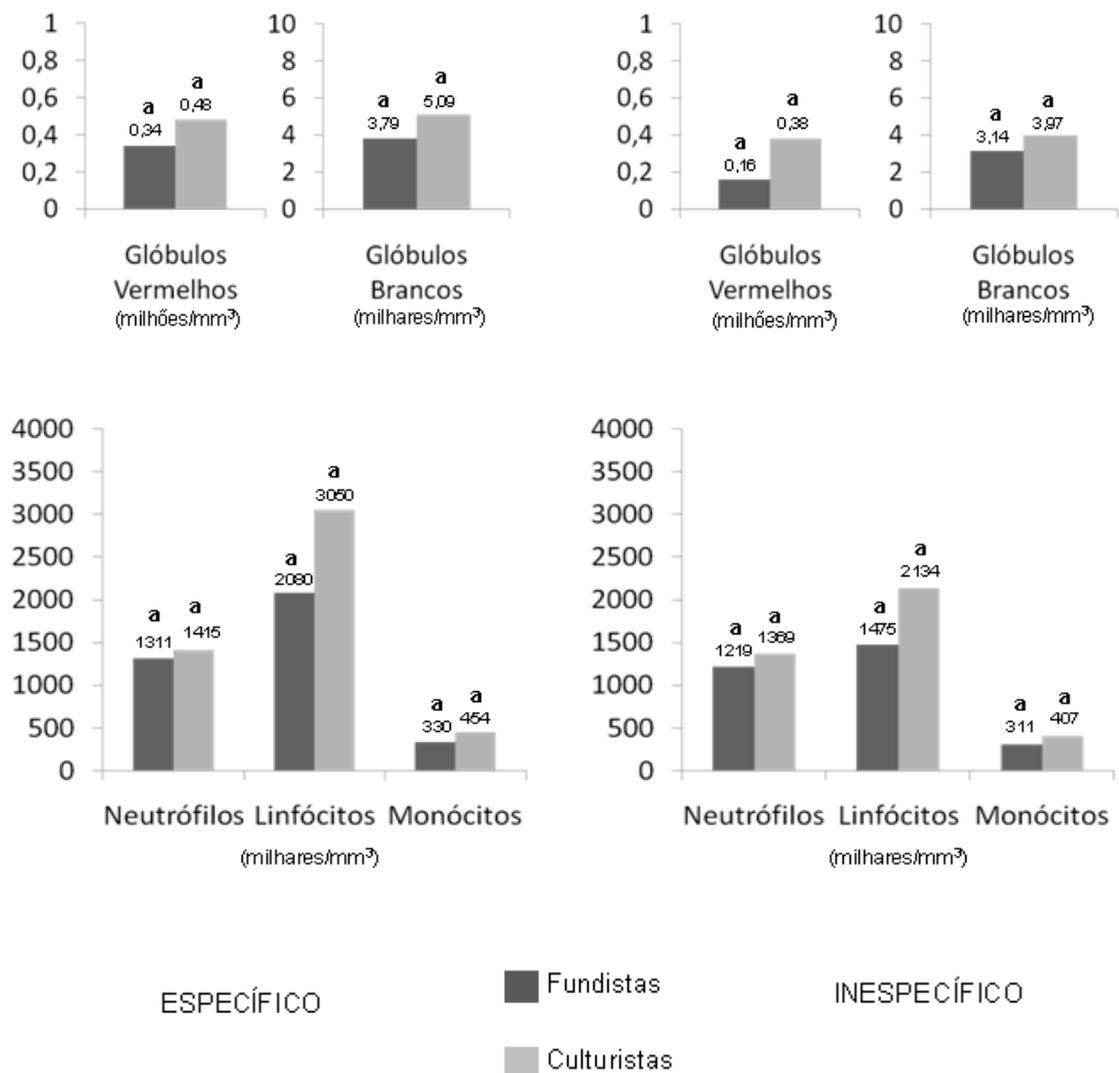


Figura 5. Variação ( $\Delta$ ) dos tipos celulares após testes máximos específicos e inespecíficos.

a: comparação do  $\Delta$  (delta) de cada parâmetro intra e intergrupos e intra e inter testes. Sem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

#### 4. Discussão

No presente estudo, foi observado que todas as características metabólicas da exaustão física foram atingidas. O objetivo do estudo foi verificar se essas características se diferenciavam conforme a especificidade do treinamento e conforme o tipo de exercício físico máximo.

Esse é um dos poucos estudos até então que identifica as diferenças metabólicas após exercício físico máximo de atletas em condições físicas específicas e inespecíficas ao seu treinamento.

Foi levado em consideração que o teste exaustivo em esteira atendia a especificidade dos fundistas, que possuem maior aptidão para a permanência no metabolismo de natureza predominantemente aeróbia durante o exercício, enquanto o teste exaustivo com pesos era correspondente a dos culturistas, cujas aptidões são pertinentes ao metabolismo anaeróbio.

Com relação aos parâmetros de acidose e glicemia, a comparação entre os momentos finais e iniciais de cada teste indicou que houve acidificação do sangue após a realização dos exercícios, apontado pela diminuição do pH e pelo aumento das concentrações de lactato.

Também foram observadas reduções significativas nas concentrações de  $\text{HCO}_3^-$  após cada teste, fato que justifica seu consumo para o tamponamento do sangue em resposta a elevação da acidez causada pela geração de metabólitos de caráter ácido pelo músculo. Dessa forma, pelo controle do pH, o  $\text{HCO}_3^-$  afeta indiretamente o desempenho por dois mecanismos principais: pela diminuição da inibição enzimática e pela redução da abertura de canais  $\text{K}^+$  ATP-dependentes que resulta, pela alteração do equilíbrio das concentrações de  $\text{K}^+$ , na diminuição da excitabilidade nas membranas celulares, favorecendo a fadiga muscular (14).

Os parâmetros  $pO_2$  e  $pCO_2$ , referem-se às pressões parciais arteriais exercidas pelos respectivos gases dissolvidos no sangue sobre as paredes dos vasos. Esses parâmetros permitem avaliar o balanço das trocas gasosas (15). No presente estudo foram observadas elevações significativas dos valores de  $pO_2$  e diminuições dos valores de  $pCO_2$  após a realização tanto do teste exaustivo em esteira como após a exaustão com pesos. Isso poderia ser explicado pelo aumento da ventilação alveolar durante o exercício, em consequência ao aumento da frequência respiratória e do volume corrente (15).

Ainda pela comparação entre os deltas dos momentos (final-inicial), foi verificado aumento nas concentrações de glicose para todos os grupos, contudo, os valores atingiram a significância somente dentro do grupo AE, para ambos os testes máximos.

Nos parâmetros de osmolaridade e hemoconcentração, foram observadas elevações nas concentrações dos íons  $Na^+$  na corrente sanguínea após a realização de ambos os testes e para ambos os grupos. Esse aumento foi significativo quando os atletas foram submetidos a teste específico, mas não para inespecífico. Por outro lado, as concentrações do íon  $K^+$  diminuíram em todos os testes, não atingindo o nível de significância apenas para AN submetido ao tratamento inespecífico.

Duante a atividade das células musculares, ocorre influxo de  $Na^+$  através da membrana, imediatamente seguido pela liberação quase equivalente de  $K^+$  em consequência dos potenciais de ação (16). O acúmulo de  $K^+$  extracelular reduz a excitabilidade muscular e é associado ao surgimento da fadiga e a regulação do fluxo sanguíneo local (17). A saída dos íons  $K^+$  ocorre pela ativação de canais ATP-sensíveis (canais  $K_{ATP}$ ) (14), e canais de voltagem (canais  $K_V$ ) ativados pelos potenciais de ação (17).

Esses fluxos de  $Na^+$  e  $K^+$  são contrabalanceados pela atividade de bombas  $Na^+/K^+$ , e possivelmente por co-transportadores  $Na^+/K^+/Cl^-$  (17). O fluxo dos íons  $Na^+$

resultantes da atividade das bombas  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , possibilita a manutenção da excitabilidade da membrana, entretanto a intensidade do fluxo dos íons pode superar a capacidade de restauração da distribuição (16).

As concentrações de  $\text{Na}^+$  e seu transporte através da membrana celular dependem também de outros mecanismos, como de sua participação na regulação do pH pela troca  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ , co-transporte de  $\text{HCO}_3^-$ , e ainda de outros transportes, indiretamente, como  $\text{H}^+/\text{lactato}$  (MCT) (17). Considerando-se ainda o transporte através dos canais de voltagem de  $\text{Na}^+$ , o gradiente de  $\text{Na}^+$  direciona o co-transporte de aminoácidos e cloreto, e o antiporte de  $\text{H}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  (16).

Neste estudo, verificamos diferenças significativas nas variações delta (pós-exercício em comparação ao pré-exercício) entre os grupos em relação às concentrações de  $\text{Na}^+$ , quando submetidos a exercícios inespecíficos, e, em relação às concentrações de  $\text{K}^+$ , a magnitude das variações foi significativamente diferente tanto entre os grupos como entre os tratamentos, ou seja, entre as possibilidades de associação grupo/tratamento (AE/ESP, AE/IN, AN/ESP e AN/IN), todos foram diferentes entre si.

O exercício físico intenso causa um efeito temporário de diminuição do volume plasmático, cuja amplitude depende do gênero, idade e do nível de treinamento individuais, além das condições ambientes, e modalidade, duração e intensidade do exercício (18,19). Os mecanismos responsáveis por esse processo são a elevação da pressão hidrostática circulatória, a ação de hormônios controladores do equilíbrio hidroeletrólítico, e variações da pressão osmótica, causadas pelo acúmulo de subprodutos oriundos do metabolismo anaeróbico, como o íon lactato, criando uma movimentação de fluidos do compartimento vascular para o celular (18,19).

Em estudo comparativo entre os volumes de variação plasmáticos entre corredores de endurance, sprint, e indivíduos não treinados, Moussa *et al.* (2003)

observaram que quando submetidos a exercícios supramáximos, os corredores de sprint apresentaram reduções volumétricas pós-exercício significativamente maiores que os outros grupos.

Em nosso estudo, foram observadas diferenças significativas entre os deltas (concentração pós-exercício menos concentração pré-exercício) de albumina sérica quando comparados os grupos AE e AN, ao realizarem teste específico (esteira para AE e pesos para AN). Em acordo com Moussa, isso poderia ser explicado, pelo fato de que o exercício com pesos, assim como os sprints, são associados à via de metabolismo energético glicolítica, predominantemente, e, portanto, a maior elevação das concentrações para o grupo AN poderia refletir uma maior redução de volume plasmático. Contudo, outros parâmetros que também indicam variação do volume plasmático, como Hb, Hct e células vermelhas e brancas, não apresentaram variação significativa entre nenhuma das associações entre grupos e especificidade do exercício.

Essa deve ser a principal razão dos aumentos observados nos momentos pós-exercício também para as concentrações de albumina sérica, significativos para ambos os grupos e ambos os protocolos, e das concentrações de hemoglobina, hemácias, hematócrito, embora para estes o nível de significância tenha sido atingido somente pelo grupo AE submetido ao protocolo específico.

A lesão muscular promovida pelo exercício pode ser verificada pela elevação das concentrações de proteínas citoplasmáticas de células musculares na corrente sanguínea. CPK, DHL e AST são incapazes de atravessar a membrana plasmática, no entanto, quando a membrana da célula é rompida, o conteúdo enzimático extravasa para a circulação e pode ser quantificado (20).

As concentrações da DHL aumentaram significativamente após o exercício significativamente para AN em exercício específico (pesos). É válido ressaltar que

todos os testes resultaram em elevações das concentrações da enzima, mas observou-se que o aumento em AN é sempre maior, e ainda, o exercício com pesos induz maior elevação em ambos os grupos.

Foram observados após a realização dos exercícios, aumentos nas concentrações de CPK para ambos os grupos e protocolos, porém esses aumentos não foram significativos. A ausência de significância quantitativa nas variações dessa enzima pode ser explicada pelo fato de que embora possa ocorrer um aumento detectável imediatamente após o exercício, o pico dessa enzima é geralmente alcançado entre 24 e 72 horas pós-exercício (20).

O treinamento com pesos resulta em ganho de massa muscular, e é possível presumir que o aumento do volume de massa muscular e a adaptação ao treinamento promovam aumentos de atividade de enzimas importantes para a via metabólica glicolítica, tais como observado em relação à DHL neste estudo, o que também é mencionado por Derbré *et al.* (2009) em relação ao treinamento em corridas de sprint.

Nossos resultados, pela comparação dos deltas entre os grupos, apontam uma capacidade glicolítica mais desenvolvida no grupo AN, que apresentou significativamente maiores elevações tanto para DHL, comparando AE e AN sob tratamento ESP, quanto para CPK, entretanto apenas quando submetidos ao tratamento IN.

Em relação ao aspecto inflamatório, as comparações entre o panorama do sangue antes e após a realização de cada teste apontaram aumentos significativos nas concentrações de glóbulos brancos, leucócitos, linfócitos e monócitos após o esforço extenuante para ambos os grupos e para os testes específicos e inespecíficos a cada grupo, enquanto em relação aos glóbulos vermelhos, houve o aumento significativo somente para o protocolo específico no grupo AE.

O aumento das concentrações das células brancas pode ter sua consequência atribuída a dois fatores principais: hemoconcentração e processo inflamatório.

O processo inflamatório pós-exercício é caracterizado pela alteração nas populações celulares circulantes, com recrutamento inicial de neutrófilos e, posteriormente monócitos e linfócitos para o local da inflamação, onde produzem espécies reativas de oxigênio e enzimas proteolíticas para limpar e reparar o tecido (20).

## **5. Considerações e limitações**

É importante lembrar que os indivíduos recrutados para este estudo não eram competidores profissionais, mas sim atletas recreativos, embora participassem de competições eventuais.

A diferença verificada entre as médias de idade de cada grupo, sendo a média do grupo dos fundistas superior a do grupo dos culturistas, reflete as faixas etárias médias dos praticantes de cada modalidade. Embora a diferença de idade implique em diferenças metabólicas que possam influir nos resultados, o fato de ambos os grupos terem sido submetidos a ambos os protocolos exaustivos minimiza a repercussão desse fator sobre os grupos.

Apesar do número de atletas participantes do estudo ter sido pequeno, os resultados são substanciais, pois foi analisada uma ampla gama de indicadores, e não havia grandes divergências entre os níveis de treinamento dos atletas. Além disso, a padronização da alimentação que antecedia a realização dos testes de exaustão elimina a influência das condições nutricionais dos indivíduos sobre o desempenho bem como sobre os resultados bioquímicos dos testes.

O teste de 1-RM é tido como ponto de referência para a elaboração de protocolos que almejem a exaustão de grupos musculares individualizados (9). Os

grupos musculares determinados para os testes com pesos (1-RM e exaustão com pesos) foram escolhidos pela sua popularidade em treinamentos com pesos e pela possibilidade de se atender a diferentes níveis de condicionamento e aptidão individual, e pela garantia da segurança dos atletas submetidos a cargas máximas.

O período de intervalo respeitado entre as datas dos testes teve o propósito de propiciar a recuperação muscular adequada aos atletas e também a finalidade de eliminar a interferência de um teste sobre outro.

No teste em esteira, conforme o teste se prolongava o indivíduo era submetido a níveis de intensidade mais elevada, levando o metabolismo dos atletas de ambos os grupos a depender progressivamente mais da via anaeróbia. Ainda assim, há predominância do metabolismo aeróbio, de forma que a adaptação proporcionada pelo treinamento do fundista o leva a permanecer por uma média de tempo superior ao culturista na esteira.

De maneira análoga, no teste exaustivo com pesos, cada redução dos níveis de carga para a execução dos movimentos, e o próprio prolongamento do exercício levava o atleta a depender mais do metabolismo aeróbio, o que leva os fundistas a executar quantidades muito superiores de repetições de movimentos do que os culturistas conforme os níveis de carga são progressivamente reduzidos, embora com cargas proporcionalmente inferiores às suportadas pelos culturistas.

Entretanto, o estudo apresentou alguns aspectos limitantes, como a aceitação ao protocolo por parte de muitos atletas, fato que contribuiu para o número reduzido de participantes.

## **6. Conclusão**

Este estudo mostra que a especificidade do treinamento repercute significativamente na aptidão e nas adaptações estruturais e bioquímicas do atleta,

afetando de maneira crucial o desempenho. É interessante a observação de que mesmo dentro do mesmo grupo observam-se variações significativas associadas à especificidade do teste (ESP/IN). Isso reforça a idéia de que mesmo os indivíduos bem treinados somente são capazes de manifestar suas aptidões máximas sob as condições para a qual está adaptado.

A literatura carece de estudos de natureza comparativa, tal qual foi o objetivo deste. Faz-se necessário ainda um conhecimento muito maior sobre esse assunto para que se possa chegar a conclusões mais precisas sobre o nível de significância da especificidade sobre o treinamento em diferentes modalidades de exercício.

## **7. Referências**

1. Campos GER, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, Ragg KE, Ratamess NA, Kraemer WJ, Staron RS. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol* (2002) 88: 50-60.
2. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *EXERCISE PHYSIOLOGY: Energy, Nutrition, and Human Performance*, 5ªEd 2001.
3. Flück M, Hoppeler H. Molecular basis of skeletal muscle plasticity from gene to form and function. *Rev Physiol Biochem Pharmacol*, 146: 159-216, 2003.
4. Mascher H, Andersson H, Nilsson PA, Ekblom B, Blomstrand E. Changes in signaling pathways regulating protein synthesis in human muscle in the recovery period after endurance exercise. *Acta Physiol*, 191, 67-75, 2007.
5. Baar K, Nader G, Bodine S. Resistance exercise, muscle loading/unloading and the control of muscle mass. *Essays in Biochemistry*, 42: 61-74, 2006.

6. Flück M. Functional, structural and molecular plasticity of mammalian skeletal muscle in response to exercise stimuli. *The Journal of Experimental Biology*, 209: 2239-2248, 2006.

7. Wilkinson SB, Phillips SM, Atherton PJ, Patel R, Yarasheski KE, Tarnopolsky MA, Rennie MJ. Differential effects of resistance and endurance exercise in fed state on signaling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. *J Physiol* 586. 15(2008) pp 3701-3717.

8. Blomstrand E, Eliasson J, Karlsson HKR, Köhnke R. Branched-Chain Amino Acids Activate Key Enzymes in Protein Synthesis after Physical Exercise. *J. Nutr.* 136: 269S-273S, 2006.

9. Porto M, Orsatti FL, Borges-Santos MD, Burini RC. Impacto do exercício muscular exaustivo sobre indicadores sanguíneos em praticantes de musculação. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*. 2008; 10(3): 230-236.

10. Glaner MF. Validação cruzada de impedância bioelétrica em homens. *Rev. Bras. Cine. Des. Hum.* 2005; 7(1): 05-11.

11. Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Ross R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 2000; 89:465-71.

12. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40, 497-504. (1978).

13. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density. BROZEK, J.: HENSCHER, A. (Eds.). *Techniques for measuring body composition*. Washington: National Academy of Science, 1961, p. 223-44.

14. Broch-Lips M, Overgaard K, Praetorius HA, Nielsen OB. Effects of extracellular  $\text{HCO}_3^-$  on fatigue,  $\text{pH}_i$ , and  $\text{K}^+$  efflux in rat skeletal muscles. *J Appl Physiol*, 103: 494-503, 2007.

15. Watanabe MJ, Thomassian A, Teixeira Neto FJ, Alves ALG, Hussni CA, Nicoletti JLM. Alterações do pH, da  $\text{pO}_2$  e da  $\text{PCO}_2$  arteriais e da concentração de lactato sanguíneo de cavalos da raça árabe durante exercício em esteira de alta velocidade. *Arq Bras Med Vet Zootec*, v.58, n.3, p.320-326, 2006.

16. Clausen T.  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  Pump Regulation and Skeletal Muscle Contractility. *Physiol Rev*, 83: 1269-1324, 2003.

17. Street D, Nielsen J, Bangsbo J, Juel C. Metabolic alkalosis reduces exercise-induced acidosis and potassium accumulation in human skeletal muscle interstitium. *J Physiol*, 566.2 (2005), pp 481-489.

18. Derbré F, Botcazou M, Sophie V, Jacob C, Lemoine-Morel S, Abderrahaman AB, Zouhal H. Effets de l'entraînement de print et du désentraînement sur les variations du volume plasmatique induites par un test supramaximal chez des adolescents. *Science & Sports*, 24 (2009), 166-172.

19. Moussa E, Zouhal H, Prioux J, Delamarche P, Gratas-Delamarche A. Variations du volume plasmatique induites par un exercice de sprint chez des sprinters, des endurants et des non entraînés de sexe masculin. *Science & Sports*, 18 (2003), 202-208.

20. Cruzat VF, Rogero MM, Borges MC, Tirapegui J. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. *Rev. Bras. Med. Esporte*, vol.13, n.5, 2007.

21. Scott CB. Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 404-411, 2006.

22. Rogero MM, Tirapegui J. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, vol.44, n.4, p.563-575, 2008.

23. Silva LA, Silveira PCL, Pinho CA, Tuon T, Pizzol FD, Pinho RA. N-acetylcysteine supplementation and oxidative damage and inflammatory response after eccentric exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18, 379-388, 2008.

24. Shi X, Garry DJ. Muscle stem cells in development, regeneration, and disease. *Genes & Dev*. 20: 1692-1708, 2006.

25. Bodine SC. mTOR signaling and the molecular adaptation to resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 38, n.11, p. 1950-1957, 2006.

26. Koh KB, Lee Y, Beyn KM, Chu SH, Kim DM. Counter-stress effects of relaxation on pro-inflammatory and anti-inflammatory cytokines. *Brain, Behavior, and Immunity*, 22: 1130-1137, 2008.

27. Lira FS, Rosa JC, Yamashita AS, Koyama CH, Batista Jr. ML, Seelaender M. Endurance training induces depot-specific changes in IL-10/TNF- $\alpha$  ratio in rat adipose tissue. *Cytokine*, 45: 80-85, 2009.

28. Zilva F., Pannal, Mayne P. *Clinical Chemistry in Diagnosis and Treatment*, 6<sup>th</sup> Ed, 1994.

29. Matsakas A, Patel K. Intracellular signaling pathways regulating the adaptation of skeletal muscle to exercise and nutritional changes. *Histol Histopathol* (2009) 24: 209-222.

30. Deldicque L, Atherton P, Patel R, Theisen D, Nielens H, Rennie MJ, Francaux M. Decrease in Akt/PKB signaling in human skeletal muscle by resistance exercise. *Eur J Appl Physiol* (2008) 104: 57-65.

31. Gokhale R, Chandrashekara S, Vasanthakumar KC. Cytokine response to strenuous exercise in athletes and non-athletes – an adaptative response. *Cytokine*, 40 (2007), 123-127.

32. Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição / American College of Sports Medicine; traduzido por Giuseppe Taranto. – Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 2007.

33. Faria CC, Orsatti FL, Moreto F, Burini RC. Efeito da combinação de exercícios com pesos sobre indicadores sanguíneos da exaustão em praticantes de musculação. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício* – vol.8, n.3, p. 148-151, 2009.

34. Yan B, A J, Wang G, Lu H, Huang X, Liu Y, Zha W, Hao H, Zhang Y, Liu L, Gu S, Huang Q, Zheng Y, Sun J. Metabolomic investigation into variation of endogenous metabolites in professional athletes subject to strength-endurance training. *J Appl Physiol*, 106: 531-538, 2009.

35. Lamprecht M, Greilberger JF, Schwabegger G, Hofmann P, Oettl K. Single bouts of exercise affect albumin redox state and carbonyl groups on plasma protein of trained men in a workload dependent manner. *J Appl Physiol*, 104: 1611-1617, 2008.

36. Toigo M, Boutellier U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *Eur J Appl Physiol* (2006) 97: 643-663.

37. Hunt KJ. Treadmill control protocols for arbitrary work rate profiles combining simultaneous nonlinear changes in speed and angle. *Biomedical Signal Processing and Control*, 3 (2008) 278-282.

38. Lee RC, Wang ZM, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr* 2000; 72:796-803.