



ARTIGO ORIGINAL/ORIGINAL PAPER

**INFLUÊNCIA DO TIPO E INTENSIDADE DE TREINAMENTO
SOBRE PARÂMETROS CARDIOVASCULARES E BIOQUÍMICO-
ENERGÉTICOS SANGÜÍNEOS DE INDIVÍDUOS SADIOS
SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO FÍSICO EXTENUANTE EM
ESTEIRA ERGOMÉTRICA**

Edna C. Cervi
Beatriz B. Matsubara
Maria Rita C. Mathias
Paulo R. Curi
Roberto C. Burini

Laboratório de Pesquisas Bioquímicas e Unidade de Registros
Gráficos do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de
Medicina (UNESP) de Botucatu - SP.

RESUMO

CERVI, E.C.; MATSUBARA, B.B.; MATHIAS, M.R.C.;
CURI, P.R. e BURINI, R.C. Influência do tipo e in-
tensidade de treinamento sobre parâmetros cardio-
vasculares e bioquímico-energéticos sanguíneos
de indivíduos sadios submetidos ao exercício fí-
sico extenuante em esteira ergométrica. Revista
Brasileira de Ciência e Movimento, vol. 3, nº 1,
pp. 17 - 25, 1989.

Com o objetivo de analisar o efeito do treina-
mento físico, tipo e intensidade, sobre o comporta-
mento de variáveis cardiovasculares e dos princi-
pais substratos energéticos musculares na situa-
ção de "stress" físico extenuante, foram estudados
44 indivíduos jovens, voluntários, de ambos os se-
xos, classificados de acordo com o tipo e inten-
sidade semanal de treinamento em: sedentários (< 3
h/semana), ativos (3-6 h/semana), atletas corre-
dores fundistas (> 6h/semana) e atletas nadado-
res (> 6 h/semana). A avaliação nutricional me-
diante métodos antropométricos (peso, altura, ín-
dice de Quetelet, prega cutânea tricipital, cir-
cunferência braquial e circunferência muscular
do braço) mostrou boa homogeneidade entre gru-
pos quanto ao estado nutricional. Todos os par-
ticipantes foram submetidos a teste ergométrico
em esteira, realizado pela manhã, com carga
progressiva a cada 3 minutos, interrompendo-se
o teste pelo alcance de frequência cardíaca má-
xima prevista para aquela idade, ou por exaustão.
Foram colhidas amostras de sangue antes e após
o teste para quantificação dos teores dos princi-
pais substratos energéticos musculares circun-

lantes no plasma (glicose, ácidos graxos livres,
triglicerídeos, nitrogênio amínico e lactato).
Antes, durante e após o teste foram feitos re-
gistros de frequência cardíaca, pressão arterial
e eletrocardiograma. Na situação pré-teste as
únicas diferenças observadas foram os menores
valores da pressão arterial sistólica e da fre-
quência cardíaca apresentados pelos atletas na-
dadores. No final do teste as variáveis cardio-
vasculares mostraram semelhança entre os grupos
enquanto que os substratos energéticos apresen-
taram comportamento diferente entre os grupos
para os parâmetros: glicose, ácidos graxos livres
e nitrogênio amínico. O padrão de comportamento
dos substratos no pré-pós teste ergométrico foi
diversificado principalmente pela elevação das
variáveis glicose e ácidos graxos livres que di-
ferenciaram o grupo de nadadores dos demais gru-
pos, sendo que os corredores não apresentaram
elevação significativa dos ácidos graxos livres.
A progressão da frequência cardíaca durante o
teste ocorreu de modo inverso ao grau de treina-
mento físico, elevando-se menos no grupo de atle-
tas nadadores. Portanto, os resultados do pre-
sente trabalho mostram que indivíduos jovens,
com bom estado nutricional, reagem de modo me-
tabolicamente diferente frente ao exercício fí-
sico extenuante, de acordo com a intensidade e
tipo de treinamento físico prévio, sendo que di-
ferentes tipos de treinamento físico podem re-
sultar em formas diversas de adaptação metabóli-
co-energética ao esforço físico agudo.

UNITERMOS: exercício físico, substrato ener-
gético, ergometria.

Submetido a publicação em: 20.08.88
Aprovado em: 21.11.88



INTRODUÇÃO

As respostas metabólicas ao exercício físico são direcionadas a facilitar o suprimento e utilização de substratos energéticos dos músculos em atividades. Por sua vez, o tipo e a quantidade de substrato energético utilizado depende do tipo, intensidade e duração do exercício físico realizado (12, 13). Os estoques energéticos disponíveis estão associados estreitamente ao estado nutricional do indivíduo, enquanto que a velocidade de mobilização dos substratos e a eficiência de utilização dos mesmos, pelo músculo em atividade, depende, em grande parte, do treinamento físico. Portanto, o condicionamento físico e o estado nutricional, em ordem de importância constituem, talvez, os dois principais fatores extrínsecos moduladores do desempenho físico.

Do ponto de vista fisiológico, a diferenciação do indivíduo condicionado daquele fisicamente não condicionado pode ser evidenciada pela abreviação da fase anaeróbica ou precocidade da produção aeróbica de energia no início do trabalho muscular. A instalação e manutenção da fase aeróbica do exercício físico é altamente dependente dos sistemas circulatório e respiratório responsáveis pelo suprimento muscular com substratos e oxigênio (visando a maior produção energética por oxidação terminal dos combustíveis) e a dissipação do calor e remoção dos metabólitos gerados no local (3). Estas adaptações locais e sistêmicas são orquestradas pelos sistemas nervoso e endócrino (16, 17, 19).

Assim, com o objetivo de relacionar o efeito do tipo e duração do condicionamento físico com o comportamento dos principais substratos energéticos musculares nas situações de repouso e de exercício físico extenuante, foi delineado um protocolo ergométrico (em esteira) uniformizado, envolvendo a progressão de carga em tempos fixos. O estado geral de saúde e, particularmente, o estado nutricional dos indivíduos foi documentado de forma a possibilitar o relacionamento entre o estado físico e atlético do indivíduo com as variações hemodinâmicas e bioquímicas observadas durante o teste ergométrico.

CASUÍSTICA
E
MÉTODOS

Foram estudados 44 indivíduos jovens, brancos, de ambos os sexos, voluntários, saudáveis, classificados de acordo com a carga semanal de atividade física em sedentários (< 3h/sem.) ativos (3-6 h/sem.) e atletas (> 6 h/sem.). Estes últimos subdivididos em atletas nadadores e atletas corredores fundistas (apenas Masc.).

O grupo de ativos foi constituído de indivíduos praticantes das seguintes modalidades esportivas: natação, corrida, arremessos, halterofilismo, vôlei, tênis e futebol.

Todos os indivíduos foram submetidos à avaliação antropométrica para mensuração dos depósitos corporais de gordura (pregas cutâneas) e de proteínas (massa muscular) assim como da densidade corporal (índice de Quetelet). O peso e a altura foram medidos em balança antropométrica, sendo a partir destes dados calculado o índice de Quetelet (kg/m^2). A circunferência braquial foi medida com fita milimetrada e a prega cutânea tricipital foi determinada com paquímetro. A partir destas duas medidas foi calculada a circunferência muscular do braço (5).

A avaliação da atividade física foi efetuada pela manhã em esteira ergométrica com carga progressiva a cada 3 minutos. Cada estágio teve o acréscimo de 2 ou 4% na inclinação da rampa e de 0,5 ou 1,0 km/h na velocidade da esteira, respectivamente para os grupos sedentários e ativos, e atletas. Homens e mulheres se submeteram ao mesmo protocolo. Todos os indivíduos iniciaram o esforço com a esteira ergométrica regulada em 8% de inclinação e velocidade de 2,0 km/h. Durante a ergometria foram registradas a frequência cardíaca, pressão arterial e o eletrocardiograma. O teste ergométrico foi interrompido pelo alcance da frequência cardíaca máxima teórica prevista pela idade (9, 11, 18, 22) ou pela referência de exaustão. A carga de trabalho foi calculada pela fórmula:

$$\text{Potência (W)} = 9,8 \times \text{peso (kg)} \times \sin \alpha \times \text{veloc. (m/s)}$$

onde α = ângulo de inclinação da rampa.



9,8 = constante equivalente à força gravitacional

Foram colhidas amostras de sangue venoso, antes e imediatamente após a ergometria (dentro de 2 minutos), para quantificação dos teores de glicose (10), ácido graxos livres (7,21), triglicerídeos (kit de Labtest), nitrogênio amínico (15) e ácido láctico (kit da Boehringer). Os valores de FC e PA foram anotados nos 1º, 2º, 6º e 8º minutos de recuperação pós-esforço.

As comparações dos resultados observados para os quatro grupos foram efetuadas pela análise de variância. Os contrastes entre médias de grupos foram feitos pelo método de Tukey e as comparações antes e após o teste ergométrico foram realizadas pelo "teste t" para variáveis dependentes (23). Quando não houve diferenciação dos resultados quanto ao sexo, os mesmos foram agrupados.

RESULTADOS

Os parâmetros antropométricos utilizados para avaliação do estado nutricional e apresentados na Tabela 1 mostram que os grupos estudados eram bastante homogêneos com raras exceções, como a maior prega cutânea tricipital nos sedentários masculinos.

TABELA 1 - Valores médios e variância (desvio-padrão) das idades e parâmetros antropométricos de indivíduos atletas e não atletas.

(n)	SEDENTÁRIOS		ATIVOS	
	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.
	(51)	(6)	(6)	(4)
IDADE (anos)	20 ± 4,6	25 ± 2,7	23 ± 4,0	22 ± 4,0
ÍNDICE	66,4 ± 6,6	52,8 ± 3,4	74,1 ± 19,0	60,6 ± 15,0
TURACO	1,78 ± 0,04	1,62 ± 0,03	1,79 ± 0,08	1,66 ± 0,10
QUETOLET	20,6 ± 1,3	20,0 ± 1,3	21,3 ± 5,0	21,9 ± 2,7
C.T. (mm)	11,8 ± 2,7*	15,8 ± 3,7	8,2 ± 3,1	17,3 ± 3,1
M.B. (cm)	24,4 ± 1,65	20,4 ± 0,74	20,0 ± 4,74	20,3 ± 3,18

(n)	ATLETAS		NADADORES	
	FUNDISTAS	MASC.	FEM.	
	(13)	(13)	(5)	
IDADE (anos)	22 ± 2,0	16 ± 2,0	14 ± 1,2	
ÍNDICE	61,1 ± 4,1	64,0 ± 11,2	59,7 ± 8,9	
TURACO	1,71 ± 0,06	1,75 ± 0,08	1,59 ± 0,08	
QUETOLET	20,9 ± 1,2	21,3 ± 2,4	21,2 ± 1,7	
C.T. (mm)	6,4 ± 1,5*	8,5 ± 2,2	20,2 ± 1,5	
M.B. (cm)	24,2 ± 0,60	25,4 ± 3,0	21,4 ± 2,38	

C.T. = Prega Cutânea Tricipital; C.M.B. = Circunferência Muscular do Braço
 * p < 0,05 (SED. > FUND.)

A avaliação cardiovascular em repouso (pré-teste) mostrou resultados variáveis de acordo com o sexo para a frequência cardíaca e menor pressão arterial máxima para o grupo de atletas nadadores (Tabela 2 e 4). Os substratos energéticos analisados não apresentaram na situação de repouso, valores significativamente diferentes entre os grupos estudados (Tabela 3 e 4).

TABELA 2 - Valores médios e variância (desvio-padrão) dos parâmetros fisiológicos observados antes e após o teste ergométrico realizados nos indivíduos estudados.

	SEDENTÁRIOS		ATIVOS	
	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.
PA (mmHg) AT	132 ± 81	115 ± 76	137 ± 87	125 ± 80
AP	172 ± 71	150 ± 76	183 ± 77	163 ± 70
FC (bpm) AT	104 ± 31	101 ± 14	88 ± 20	79 ± 12
AP	210 ± 6	202 ± 11	206 ± 7	195 ± 8
Tempo de Esforço (min.)	19 ± 4,3	15 ± 1,9	16 ± 4,0	20 ± 7,0
Trabalho (Watts)	195 ± 54	88 ± 15*	257 ± 56	173 ± 45*

	ATLETAS		NADADORES	
	FUNDISTAS	MASC.	FEM.	
PA (mmHg) AT	166 ± 89	128 ± 82	112 ± 85	
AP	178 ± 78	167 ± 66	155 ± 78	
FC (bpm) AT	83 ± 17	81 ± 13	87 ± 8	
AP	191 ± 17	201 ± 18	199 ± 6	
Tempo de Esforço (min.)	16 ± 3,0	20 ± 5,0	18 ± 3,0	
Trabalho (Watts)	235 ± 44	265 ± 56	199 ± 35	

PA = Pressão Arterial FC = Frequência Cardíaca
 AT = Antes do Teste Ergométrico AP = Após o Teste Ergométrico
 * p < 0,05 (AT. > SED.)

TABELA 3 - Valores médios e variância (desvio-padrão) dos substratos energéticos determinados no sangue de indivíduos antes (AT) e após (AP) a realização do teste ergométrico.

	SEDENTÁRIOS		ATIVOS	
	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.
GLICOSE (mg/dl) AT	83 ± 18	74 ± 14	79 ± 12	70 ± 11
AP	82 ± 7	78 ± 7	84 ± 9	80 ± 5
AGL (µM/l) AT	0,44 ± 0,25	0,92 ± 0,49	0,74 ± 0,38	0,45 ± 0,23
AP	0,67 ± 0,11	0,95 ± 0,34	0,61 ± 0,16	0,70 ± 0,30
AC NITROG. (mg/dl) AT	6,0 ± 1,8	4,7 ± 0,6	4,0 ± 1,0	4,2 ± 1,0
AP	5,6 ± 1,3	5,1 ± 0,8	5,1 ± 0,6	4,4 ± 1,0
TRIGLICERÍDEOS (mg/dl) AT	76 ± 9	80 ± 27	65 ± 23	62 ± 14
AP	84 ± 21	84 ± 35	58 ± 19	74 ± 24
LACTATO (µM/l) AT	1,49 ± 0,29	1,19 ± 0,30	1,17 ± 0,48	1,15 ± 0,29
AP	5,10 ± 2,20	5,20 ± 3,30	6,10 ± 3,80	6,80 ± 2,90

	ATLETAS		NADADORES	
	FUNDISTAS	MASC.	FEM.	
GLICOSE (mg/dl) AT	72 ± 7	77 ± 11	80 ± 9	
AP	86 ± 12	103 ± 17	116 ± 11	
AGL (µM/l) AT	0,60 ± 0,21	0,77 ± 0,22	1,19 ± 0,51	
AP	0,70 ± 0,14	1,07 ± 0,47	1,55 ± 0,41	
AC NITROG. (mg/dl) AT	6,3 ± 1,0	5,9 ± 2,1	5,7 ± 0,8	
AP	7,7 ± 1,6	5,4 ± 2,2	6,3 ± 1,5	
TRIGLICERÍDEOS (mg/dl) AT	51 ± 11	73 ± 65	47 ± 8	
AP	58 ± 25	70 ± 56	53 ± 12	
LACTATO (µM/l) AT	1,44 ± 0,50	1,17 ± 0,53	1,29 ± 0,51	
AP	6,30 ± 3,20	7,10 ± 2,90	3,70 ± 0,70	

AGL = Ácidos Graxos Livres
 AC NITROG. = Nitrogênio Amínico



TABELA 4 - Valores de t(calculado e crítico) observados para os grupos de indivíduos estudados para as variáveis cardiovasculares e bioquímico-energéticas antes e após o teste ergométrico.

	ANTES DO TESTE			APÓS O TESTE		
	F.CALC.	F.CRIT.	CONCLUSÃO	F.CALC.	F.CRIT.	CONCLUSÃO
	(n=40,05)			(n=40,05)		
FREQ.CARD.	29,553*	2,84	FUND+SEDAT+AND	1,530	2,84	NS
	4,993*	2,84	SEDAT	0,939	2,84	NS
P.ART.MIN.	2,012	2,84	NS	1,424	2,84	NS
P.ART.MAX.	4,024*	2,84	FUND+ATPSE E FUND+AND	1,176	2,84	NS
GLICOSE	0,436	2,84	NS	11,714*	2,84	NAD+SEDAT
AGL	1,374	2,84	NS	5,479*	2,84	NAD+SEDAT
MC NITROG.	1,282	2,84	NS	3,633*	2,84	NAD+AT
TRIGL.IC.	0,605	2,84	NS	0,894	2,84	NS
LACTATO	0,664	2,84	NS	1,166	2,84	NS

* p < 0,05 SED-Sedentários AND-Nadadores ATP-Ativos FUND-Corredores Fundista

Não houve diferenças estatisticamente significantes entre os valores de trabalho desenvolvido durante o teste ergométrico verificados para os diferentes grupos masculinos. O grupo sedentário feminino desenvolveu, em média, o menor trabalho (Tabela 2).

A razão pela qual houve interrupção da prova foi variável de acordo com o grau e tipo de treinamento físico, sofrendo variações de acordo com o sexo (Tabela 5). Pela análise da Figura 1 verifica-se que a variação de frequência cardíaca em cada carga de trabalho tendeu a ser menor quanto maior a carga manual de treinamento físico do indivíduo. A elevação da pressão arterial sistólica, no pós teste imediato, ocorreu em todos os grupos e a queda da pressão diastólica foi significativa apenas nos grupos ativos e atletas nadadores (Tabela 6).

TABELA 5 - Frequência de cada um dos critérios utilizados para interrupção do teste ergométrico nos indivíduos estudados.

GRUPOS	CRITÉRIOS	
	Frequência cardíaca Máxima Prevista	Exaustão
SEDENTÁRIOS		
Masc. (N=5)	3	2
Fem. (N=6)	2	4
ATIVOS		
Masc. (N=6)	6	0
Fem. (N=6)	0	4
ATLETA CORREDOR FUNDISTA		
Masc. (N=5)	5	0
ATLETA NADADOR		
Masc. (N=13)	5	8
Fem. (N=5)	1	4

TABELA 6 - Valores de t(calculado/crítico) observados para os grupos estudados com relação às variáveis cardiovasculares e substratos energéticos sanguíneos antes e após o teste ergométrico.

	SEDENTÁRIOS	ATIVOS
FREQ.CARD.	APAT (15,98/2,26)*	APAT (21,20/2,26)*
P.ART.MIN.	APAT (2,12/2,26)	APAT (3,46/2,26)*
P.ART.MAX.	APAT (14,38/2,26)*	APAT (12,24/2,26)*
GLICOSE	APAT (0,17/2,26)	APAT (1,83/2,26)
AGL	APAT (0,76/2,26)	APAT (0,34/2,26)
MC NITROG.	APAT (0,00/2,26)	APAT (1,29/2,26)
TRIGL.IC.	APAT (1,33/2,26)	APAT (0,20/2,26)
LACTATO	APAT (4,77/2,26)*	APAT (5,56/2,26)*

ATLETAS

	FUNDISTAS	NADADORES
FREQ.CARD.	APAT (10,0/2,73)*	APAT (26,57/2,12)*
P.ART.MIN.	APAT (1,72/2,73)	APAT (5,86/2,12)*
P.ART.MAX.	APAT (4,36/2,73)*	APAT (8,47/2,12)*
GLICOSE	APAT (2,82/2,73)*	APAT (6,69/2,12)*
AGL	APAT (1,96/2,73)	APAT (2,82/2,12)*
MC NITROG.	APAT (1,00/2,73)	APAT (0,90/2,12)
TRIGL.IC.	APAT (1,30/2,73)	APAT (0,30/2,12)
LACTATO	APAT (6,28/2,73)*	APAT (7,15/2,12)*

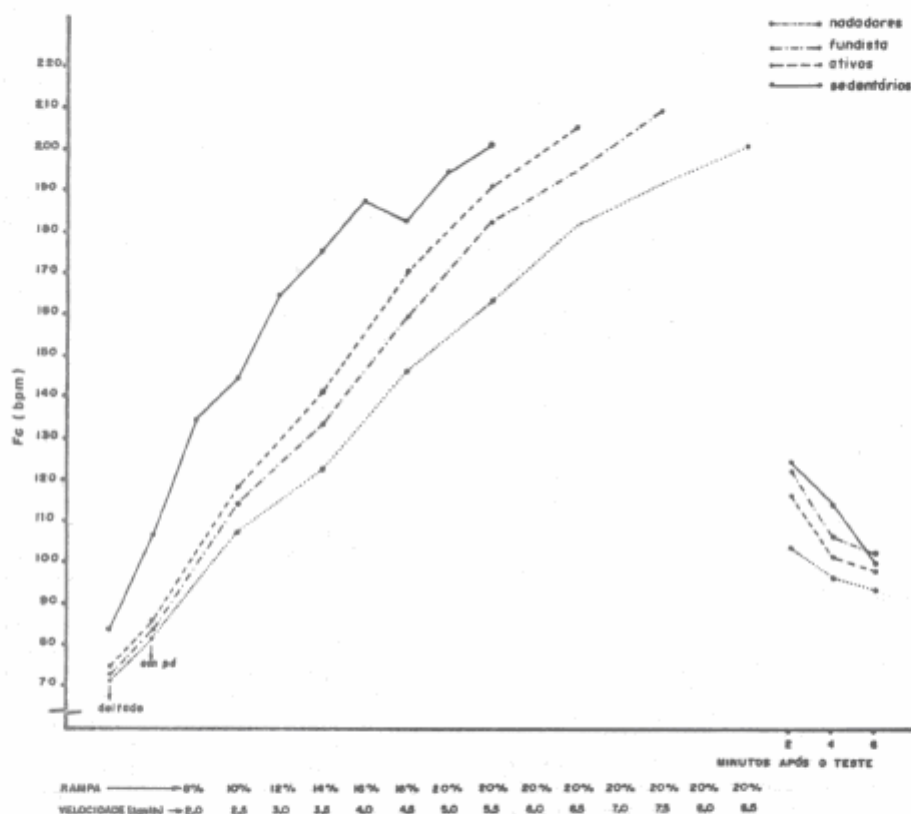
* p < 0,05
AT antes do teste Ergométrico
APAT após o teste Ergométrico

O teste ergométrico resultou na elevação da glicemia dos atletas e da lactemia em todos os grupos. O aumento dos níveis de ácidos graxos livres ocorreu apenas nos nadadores, enquanto que as concentrações de triglicerídeos e de nitrogênio amínico não variaram significativamente (Tabela 6).

Após o teste ergométrico, os valores da pressão arterial e da frequência cardíaca foram estatisticamente semelhantes entre os grupos de indivíduos estudados (Tabelas 2 e 4), enquanto que, dentre os substratos energéticos, os níveis de glicose, ácidos graxos livres e nitrogênio amínico apresentaram comportamento diferente entre os grupos, com valores mais elevados para o grupo de atletas nadadores (Tabela 3 e 4).



FIGURA 1 - Progressão da frequência cardíaca média (Fc) observada durante e após o teste ergométrico aplicado em indivíduos atletas e não atletas.



DISCUSSÃO

Um dos fatores reconhecidamente influentes sobre o desempenho físico é o estado geral de saúde e, particularmente, a situação nutricional do indivíduo. No presente trabalho, todos os participantes foram considerados saudáveis após serem submetidos inicialmente a exame clínico geral e, também, aos exames laboratoriais complementares. O estado nutricional de cada um dos indivíduos foi documentado detalhadamente mediante avaliações antropométricas e bioquímicas (2).

A análise estatística dos resulta -

dos mostrou semelhança entre os grupos (para cada sexo) para a quase totalidade das variáveis antropométricas, constituindo exceção a prega cutânea tricipital, com valores maiores no grupo sedentário masculino, sugerindo ocorrência de maior reserva lipídica (5) neste grupo. Os valores observados para os diferentes parâmetros antropométricos em pregados são em sua maioria superponíveis aos referidos em trabalhos desenvolvidos anteriormente neste laboratório (1,6).

Na situação pré-teste observou-se homogeneidade entre as concentrações sanguíneas dos substratos energéticos



dos diferentes grupos. Por outro lado, os parâmetros cardiovasculares foram variáveis de acordo com o sexo e o estado atlético dos indivíduos. Embora ainda careçam de evidências mais conclusivas, há investigações demonstrando o efeito anti-hipertensivo do exercício nos indivíduos fisicamente mais ativos. Indivíduos participantes de esportes apresentam valores menores para a pressão arterial sistólica do que os indivíduos de hábitos sedentários, sendo que estes indivíduos mostraram níveis pressóricos menores em resposta a programas longos e regulares de exercício físico (24). Ainda dentre as modificações induzidas pelo treinamento físico, são descritos: aumento da capacidade dos tecidos periféricos de extrair oxigênio arterial, devido ao aumento do número e do tamanho das mitocôndrias dos miócitos e aumento da capacidade de ejeção do ventrículo esquerdo (8). Tais modificações induzem a maior capacidade aeróbica máxima e bradicardia do repouso. Verifica-se que indivíduos bem treinados apresentam valores menores de frequência cardíaca do que aqueles observados em indivíduos não treinados, durante a execução de trabalhos de intensidade e tipos comparáveis. Todas estas observações indicam que o suprimento muscular de oxigênio, em trabalhos submáximos, constitui-se em processo mais eficiente em indivíduos treinados do que em indivíduos sedentários. (12)

Observou-se em nossos atletas um retorno mais rápido da frequência cardíaca e da pressão arterial aos níveis de repouso. Estas diferenças no comportamento cardiovascular decorrem de maior eficiência desse sistema nos indivíduos treinados, tendo sido demonstrado volume de ejeção 50 a 75% maior nos atletas, quando comparado com indivíduos sedentários. Parece que o aumento do tonus vagal cardioinibidor seria um fator atuante na redução da frequência cardíaca basal desses indivíduos. No entanto, o tonus vagal não é tido como responsável pela redução da frequência cardíaca máxima, uma vez que esta não é alterada pelo bloqueio atropínico da ação vagal (20).

Nos quatro grupos estudados neste trabalho foi possível a constatação de

que os atletas nadadores, a partir de frequências cardíacas de repouso inferiores, desenvolveram maior carga de trabalho, mantendo valores de frequência cardíaca menores, quando comparados com os indivíduos dos outros grupos. Também na recuperação pós-esforço, o retorno às condições basais foi mais rápido dentre os nadadores. Como era previsto, os indivíduos de hábitos sedentários apresentaram rápida ascensão da frequência cardíaca logo nas primeiras cargas e atingiram esforço máximo com cargas mais baixas, quando comparados com os outros grupos.

Tanto a pressão arterial sistólica como a diastólica tiveram comportamento semelhante nos quatro grupos, uma vez que todos se tratavam de indivíduos jovens e saudáveis, com respostas adequadas ao exercício físico. Observou-se, então, aumento progressivo da pressão arterial sistólica secundária ao aumento do débito cardíaco e manutenção ou ligeira tendência à queda da pressão arterial diastólica, devido à queda da resistência arteriolar ao fluxo sanguíneo no território muscular.

Os níveis de lactato determinados imediatamente após o teste foram equivalentes a 4-6 vezes os valores de repouso, indistintamente para todos os grupos analisados. O significado da hiperlactacemia no exercício físico de duração semelhante à do presente experimento pode ser interpretado como desbalanceamento entre a demanda de energia e a energia disponível para o trabalho muscular aeróbio. Nestas circunstâncias, a glicólise anaeróbia (e consequente lactatogênese) torna-se a principal fonte de energia para o trabalho muscular. Quanto maior o trabalho muscular maior será o "déficit" de oxigênio e, portanto, maior será a dependência à energia anaeróbia e maior será a produção de lactato (4,14).

O fato de, no presente trabalho, todos os grupos terem atingido níveis semelhantes de lactato no final do teste ergométrico, mostra que o trabalho executado ultrapassou a potência aeróbia máxima dos indivíduos. Entretanto, em função do comportamento das demais variáveis, é bastante provável que a anaerobiose (indicada pela lactacemia) tenha



se instalado com formas adaptativas diferentes entre os vários grupos. Assim, a hiperlactecemia dos grupos não atletas deve ter refletido realmente a insuficiência oxigenativa da massa muscular ativa uma vez que estes indivíduos, em grande número, atingiram a frequência cardíaca máxima prevista, associadamente, a pequeno incremento da taxa glicêmica. Este último dado sugere o uso preferencial da glicose como substrato energético associado à baixa reposição da mesma via neoglicogênese. Por sua vez, os atletas nadadores mostraram evidências de execução de trabalho muscular aeróbico com incremento significativo dos níveis sanguíneos de glicose e ácidos graxos livres. Estes resultados sugerem adequação satisfatória dos processos neoglicogênicos e lipolíticos e, também, da perfusão sanguínea dos músculos acionados no teste físico. A perfusão muscular ocorreu sem sobrecarga cardíaca uma vez que a maioria dos atletas deste grupo não atingiu a frequência cardíaca máxima, interrompendo o teste por referirem estafa. Portanto, é provável que o padrão dos níveis de lactato apresentado no final do teste por este grupo represente muito mais as situações de neoglicogênese e, de oxidação do mesmo como substrato energético, do que, propriamente, o de anaerobiose muscular "stricto sensu" (14).

Nenhum dos grupos estudados apresentou alteração significativa de trigliceridemia durante o teste físico. A utilização dos ácidos graxos dos triglicerídeos sanguíneos tem sido descrita apenas em exercícios bastante prolongados. A elevação da trigliceridemia (não significativa) observada entre os sedentários, caso confirmada, pode ser interpretada como conseqüente à maior captação e reesterificação dos ácidos graxos livres pelo fígado, uma vez que o "déficit" de oxigênio impediria o consumo destes substratos pelo tecido muscular.

A pequena variação verificada na concentração de nitrogênio amínico durante a ergometria foi conseqüente, talvez, da pequena especificidade deste parâmetro, o qual engloba o nitrogênio de todos os aminoácidos.

O protocolo de teste físico aqui empregado mostrou maior contraste entre os grupos sedentários e atletas nadadores

O comportamento, até certo ponto decepcionante, do grupo de atletas corredores fundistas identifica-os mais com o grupo ativo do que com os nadadores. Isto pode ser explicado, em parte, pelo bom estado atlético do grupo ativo e, também, por razões intrínsecas ao grupo de fundistas. Alguns indivíduos do grupo ativo referiram intensidade de treinamento semelhante a de seus colegas atletas, entretanto não foram enquadrados naqueles grupos por apresentarem na época do experimento, carga semanal de treinamento inferior a 6 horas. Por outro lado, os corredores fundistas, embora constituindo um grupo de indivíduos de uma mesma equipe, com hábitos e comportamento atlético bastante semelhantes, apresentaram características cardiovasculares e bioquímico-energéticas de despreparo físico. A observação do padrão de variação da glicemia e dos ácidos graxos livres, durante o teste ergométrico, sugere que os processos liberadores e utilizadores destes substratos não foram, neste grupo, tão eficientes como no grupo de nadadores.

Assim, os resultados do presente trabalho mostram que indivíduos jovens, com bom estado nutricional, reagem de modo metabolicamente diferente ao exercício físico extenuante, de acordo com a intensidade e tipo de treinamento físico prévio, sendo que diferentes tipos de treinamento físico podem resultar em formas diversas de adaptação metabólica - energética ao esforço físico agudo. O contraste entre os indivíduos de acordo com seus diferentes graus de atividade física, mediante o teste ergométrico, é mais seguro à medida que são analisados não apenas uma, mas grupos de variáveis, preferencialmente cardiovasculares e bioquímico-energéticas associadas, uma vez que algumas variáveis apresentaram comportamento semelhante entre os grupos estudados. Portanto, mediante método relativamente simples, rápido e não invasivo, como o protocolo aqui utilizado, é possível a diferenciação de indivíduos, treinados e não treinados, quanto à eficiência dos processos metabólicos responsáveis pela produção energética do músculo em atividade.



ABSTRACT

CERVI, E.C.; MATSUBARA, B.B.; MATHIAS, M.R.C.; CURI, P.R. and BURINI, R.C. Plasma energy-yielding substrates and cardiovascular parameters changes during exhaustive-treadmill exercise and relationship to training levels in healthy-young subjects. *Brazilian Journal of Sciences and Movement*, vol.3, nº 1, pp. 17-25, 1989.

Metabolic adaptation to strenuous physical activity was studied in 44 healthy-young subjects, from both sexes, submitted to a treadmill protocol. The individuals were classified according to the weekly exercise load in sedentaries (< 3 h/wk), actives ($3-6$ h/wk) and athletes (> 6 h/wk) either swimmers or long distance runners (only males). The clinical and nutritional assessment showed good homogeneity among groups. In the resting pre-treadmill test the cardiovascular parameters (blood pressure and heart rate) and blood energy yielding substrates (glucose, free-fatty acids, α -nitrogen, lactate and tryglycerides) contrasted the swimmers by their lower values of systolic pressure and heart rate notwithstanding these difference disappeared in the post-test measurements. The treadmill test comprised a walk-run in a progressive load at 3 min intervals up to exhaustion or heart rate to age limit-achievement established in such way to keep the test length similarly among groups. The physical work statistically discriminate only the sedentary females. All groups presented significantly increased levels of systolic pressure, lactate and heart rate, without changes of diastolic pressure and plasma α -nitrogen and tryglycerides concentrations. During the treadmill test the swimmers presented the lowest heart rate increasing and the sedentary the highest. This pattern and the rise on the plasma free-fatty acids concentration distinguished the swimmers from the runners whereas the increased glucose pattern discriminated both groups of athletes from the other groups. Thus the present data show that healthy well-nourished young subjects can react metabolically different to an strenuous physical test according to the kind and intensity of the previous training.

UNITERMS: physical exercise, yielding substrate, ergometry.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ANSELMO, M.A.C. Comportamento de variáveis an tropométricas, bioquímicas e imunitárias em um grupo de universitários. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina (USP) S.Paulo, 1983.
02. ANSELMO, M.A.C.; CERVI, E.C.; MATHIAS, M.R.C.; GAIOTTO, M.E.; BURINI, R.C. Influência da atividade física sobre o estado nutricional de jovens e adultos de ambos os sexos. *Anais do VII Congresso Latinoam. Nutrição (Brasília-DF)*: 109, 1984.
03. ASTRAND, P. & RODAHL, K. Atividade Física. In: ----- (eds): *Tratado de Fisiologia do Exercício*, 1ª ed. (Portuguesa) Ed. Interamericana Ltda. Rio de Janeiro, 1980.
04. ASTRAND, P. & RODAHL, K. Capacidade para o trabalho físico. In: ----- (eds): *Tratado de Fisiologia do Exercício*, cap.9, pp.265-303, 1ª ed. (Português), Ed. Interamericana Ltda, Rio de Janeiro, 1980.
05. BLACKBURN, G.L. & THORTON, P.A. Nutritional assessment of the hospitalized patient. *Med. Clin. North Am.* 63:1103, 1979.
06. CAMPANA, A.O.; BURINI, R.C.; ANSELMO, M.A.C. Populations surveys in Brazil: Data on energy protein intakes and on anthropometric measurements of adults people. *Wld Rev.Nutr. Diet.* 52: 209-234, 1987.
07. DOLE, V.P. A relation between non-esterified fatty acids in plasma and the metabolism of glucose. *J. Clin. Invest.*, 35:150, 1956.
08. ELLESTAD, M.H. Cardiovascular response to exercise. In: ----- Stress testing. Principles and Practice. 2 ed. F.A.Davis, Philadelphia, 1980.
09. ELLESTAD, M.H. BLOMQUIST, C.G. NAUGHTON, J.P. Standards for adult exercise testing laboratory (American Heart Association Subcommittee on Rehabilitation. Target Activity Group). *Circulation*, 59:421-A, 1979.
10. FANTON, M.C.; RUBIO MIRA, L.; CURI, P.R.; BURINI, R.C. Influência do método analítico sobre resultados glicêmicos. Comparações entre os métodos manual, automatizado e fita reagente. *Rev.Bras.Patol.Clin.*; 18:169, 1982.
11. FORTUIN, N.J. & WEISS, J.L. Exercise stress testing. *Circulation* 56:699, 1977.
12. FULLER, E.O. & NUTTER, D.C. Endurance training in the rat. II. Performance of isolated and intact heart. *J.Appl. Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 51:941, 1981.



13. GOLLNICK, P.D. Metabolism of substrates: energy substrate metabolism during exercise and as modified by training. *Federation Proc.*, 44: 353-357, 1985.
14. HISSACHI, T. e BURINI, R.C. Aspectos positivos da participação do lactato na atividade muscular (no prelo).
15. IBBOTT, F.A. Amino acids and related substance. In: HENRY, R.J. et alii (eds) *Clinical Chemistry. Principles and technics*. 2nd. Ed. Harper & Row Publ., 1974.
16. JOHANNESSEN, A.; HAGEN, C.; GALBO, H. Prolactin, growth hormone, thyrotropin, 3,5,3'-triiodothyronine, and thyroxine response to exercise after fat-and carbohydrate-enriched diet. *J.Clin. Endocrinol. Metab.*, 52:56, 1981.
17. KOIVISTO, V.; HENDLER, R.; NADEL, E.; FELIG, F. Influence of physical training on the fuel-hormone response to prolonged low intensity exercise. *Metabolism*, 31: 192, 1982.
18. MASON, D.J. *Advances in heart disease*, vol.2, Grune and Stratton, Inc. New York, 1978.
19. McDONALD, R. e SATMAN, P. Trace elements and calcium status in athletic activity. In: LAYMAN, D.K. (ed.) *Nutrition and Aerobic Exercise*. ACS Symposium Series 294, Am. Soc. WASHINGTON DC, 1986.
20. MOUNTCASTLE, Y.B. *Medical Physiology*. vol.2, 13th ed., C.V. Mosby Company Saint, Louis, 1974.
21. NOVAK, M. Colorimetric ultramicro method for the determination of free fatty acids. *J. Lip. Res.* 6:431, 1965.
22. SHEFFIELD, L.J. e ROITMAN, D. Stress testing methodology. *Progr. Cardiovasc. Dis.* 19:33, 1976.
23. SNEDECOR, G.W. e COCHRAN, W.G. *Statistical Methods*. Ames, Iowa, The Iowa State University Press, 7th ed., 1980.
24. WILSON, P.K.; FARDY, P.S.; FRIGELICHER, V.F. *Cardiac rehabilitation, adult fitness, and exercise testing*. Lea & Febiger, Philadelphia, 1961.



Endereço do Autor/Authors Address

Edna C. Cervi.
Departamento Clínica Médica
Faculdade de Medicina - UNESP
018610-Botucatu-SP
Brasil