



ARTIGO ORIGINAL

ALTERAÇÕES METABÓLICAS E HORMONAIS EM NADADORES DURANTE O TREINAMENTO FÍSICO

Hissachi Tsuji (2)
Paulo R. Curi (3)
Roberto Carlos Burini (1,4)

- (1) Laboratório de Bioquímica Nutricional e Metabólica do Departamento de Clínica Médica.
(2) Médico-Aluno de Pós-Graduação em Medicina - AC: Fisiopatologia em Clínica Médica - Metabolismo e Nutrição, Faculdade de Medicina - UNESP.
(3) Prof. Titular do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina (UNESP), Botucatu - SP.
(4) Prof. Titular do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina (UNESP), Botucatu - SP.

RESUMO

TSUJI, H.; CURI, P.R. e BURINI, R.C. Alterações metabólicas e hormonais em nadadores durante o treinamento físico. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, vol. 07, nº 02, pp 35-41, 1993.

As variações dos parâmetros cardiovasculares (PA e Fc), substratos energéticos: glicose, lactato e ácido graxos livres (AGL) e hormônios (insulina, glucagon, cortisol, GH, PRL, TSH, T₃ e T₄) sanguíneos foram estudados em 14 nadadores (10 M e 4 F), 15,3 ± 2,3 anos, fisicamente treinados e saudáveis. As avaliações foram feitas antes, durante (5, 15, 60 e 120 min.) e após (30 min.) uma sessão de treinamento aquático com exercícios predominantemente aeróbicos, com picos de intensidade máxima aos 30 e 95-100 min. O treinamento aquático foi precedido de 60 min. de exercícios terrestres para aquecimento, cujo término correspondeu ao tempo zero do treinamento aquático. A análise estatística mostrou que, na fase aquática, houve elevação significativa dos valores de PA Sist., Fc e lactato até os 30 min., declinando a seguir. Os valores da PA diast. apresentaram comportamento inverso. A glicemia mostrou queda, nos primeiros 15 min. da fase aquática, normalizando-se a seguir. Os AGL mostraram níveis gradativamente crescentes. Paralelamente, houve redução da insulinemia e do T₃ e elevação do glucagon, cortisol e GH. Tomando como referência o momento correspondente ao pico de exercício de intensidade máxima (5,12 mM lactato), tem-se que as elevações do glucagon e do cortisol foram precedentes e que a do GH foi subsequente a este momento. A elevação

do glucagon e do cortisol foram acompanhadas da queda da glicemia e dos hormônios insulina e T₃. A elevação do GH ocorreu simultaneamente à elevação máxima dos níveis de AGL. Com exceção da pressão sanguínea, as demais alterações verificadas foram biologicamente discretas devido, provavelmente, ao fato de os nadadores se apresentarem fisicamente bem condicionados àquele tipo de treinamento. Conclui-se, portanto, que a intensidade máxima do exercício exerce influência mais significativa dentre as variáveis sob maior controle neural, enquanto que as variações hormonais sofrem controle de mecanismos diversos, alguns independentes da carga de trabalho físico.

UNITERMOS = Exercício Físico, Natação, Hormônios, Substratos Energéticos.

INTRODUÇÃO

A natação difere dos demais exercícios físicos pelo fato de ser realizada na água, meio não comum ao homem, nos seguintes aspectos: estresse térmico do corpo com a água e contato entre dois sistemas de densidades relativas diferentes. A diferença de densidade faz com que o homem, apenas com o ar residual nos pulmões, afunde, se já na água doce ou salgada. Para que o homem flutue na superfície da água em posição horizontal, os pulmões devem estar inflados e, além disso, necessita da movimentação dos membros inferiores e superiores. Ao se deslocar na água, há a presença



da força de atrito que é proporcional à densidade do fluido, a forma e a superfície de frente do corpo e da velocidade. Em contrapartida, na natação, o peso do atleta é menor que nos esportes terrestres devido ao empuxo da água (15).

Em decorrência destas peculiaridades da natação em relação aos esportes terrestres, esperam-se mecanismos adaptativos metabólicos e hormonais característicos durante a prática desse esporte. A quase totalidade dos trabalhos do gênero, disponíveis na literatura, mencionam valores isolados de algumas variáveis metabólicas determinadas apenas antes e após o exercício aquático (5,10,11).

No presente trabalho estudou-se um conjunto de variáveis cardiovasculares, substratos energéticos e hormônios em diferentes momentos do treinamento físico, que permitem o entendimento não somente de suas variações individuais, mas também do sincronismo das mesmas durante a natação.

CASUÍSTICA E MÉTODOS

Foram estudados 14 nadadores, 10 do sexo masculino e 4 do sexo feminino, saudáveis, treinados pelo Yara Clube de Marília. As idades dos nadadores variaram de 14 a 17 anos ($15,5 \pm 3,8$ anos).

A frequência cardíaca (Fc) foi medida (batimento/min) pela palpação do pulso carotídeo; a pressão arterial (PA) foi medida com o atleta sentado, utilizando-se o membro superior direito levado à altura do peito, com esfigmomanômetro tipo anerode, (marca Tyco), com escala em mmHg.

As amostras de sangue foram colhidas da veia cubital utilizando-se Vacutainer-BD. Para a glicose, o anticoagulante utilizado foi fluoreto de sódio. Para as demais análises bioquímica e hormonais foi utilizado soro obtido pela centrifugação (3000 rpm - 10 min) do sangue coagulado. O soro foi, imediatamente, armazenado após a separação, em "freezer" a -20°C , onde foi mantido até o momento do processamento e análise.

Os ácidos graxos livres (AGL) foram dosados pelo método colorimétrico (14), lactato pelo método de lactato desidrogenase (kit de Boehringer-Mannheim) e glicose pelo método da ortotoluidina (kit da Labtest).

As dosagens hormonais foram realizadas pela técnica de radioimunoensaio (17), utilizando-se kits da DIAGNOSTIC PRODUCTS CORPORATION - DPC: insulina, T_3 total T_4 livre, cortisol e TSH (fase sólida); prolactina, hGH e glucagon (duplo anticorpo).

As variáveis estudadas foram obtidas em repouso (M_1), imediatamente após o aquecimento terrestre e início da fase aquática ($M_2 = 0$ min), durante o treinamento aquático ($M_3 = 5$ min; $M_4 = 15$ min; $M_5 = 60$ min e $M_7 = 120$ min) e 30 min após (M_8) o término do treinamento aquático.

Os atletas foram divididos em 2 grupos de 7 indivíduos para viabilizar a coleta de sangue. Um dos grupos foi estudado no período da manhã; o outro no período da tarde, sempre 2 horas após a refeição. Recomendou-se aos grupos que, durante os dias de estudo, as refeições não sofressem variações importantes.

O experimento teve duração de 4 dias. No primeiro, foram colhidas amostras, em repouso (M_1) e 30 min. após o término do treinamento (M_8). Nos restantes 3 dias, foram colhidas diariamente 2 amostras de sangue de cada atleta nos tempos: 0 (M_2) ou 5 (M_3) ou 30 (M_5) ou 60 (M_6) ou 120 (M_7) minutos, de modo que, no final do 4º dia, cada atleta possuísse amostras sanguíneas de todos os momentos da sessão de treinamento. Concomitante à coleta de sangue, foram medidas PA e Fc em cada um dos momentos estudados. Solicitou-se ao técnico que a sessão de treinamento não sofresse alterações durante os dias de estudo.

A fase terrestre do treinamento teve a duração de 60 min com a finalidade de aquecimento muscular dos nadadores. Imediatamente após o aquecimento terrestre iniciou-se o treinamento aquático com duração de 120 min. A intensidade do exercício foi predominantemente moderada com dois picos de intensidade máxima um maior aos 30 min e outro menor aos 95-100 min (Figura 1). Em cada um dos momentos estudados, os atletas interrompiam o treinamento e, imediatamente, se procedia à coleta de amostra de sangue com concomitantes medidas de Fc e PA. A seguir (1 a 3 min. de interrupção), os atletas retomavam o treinamento.

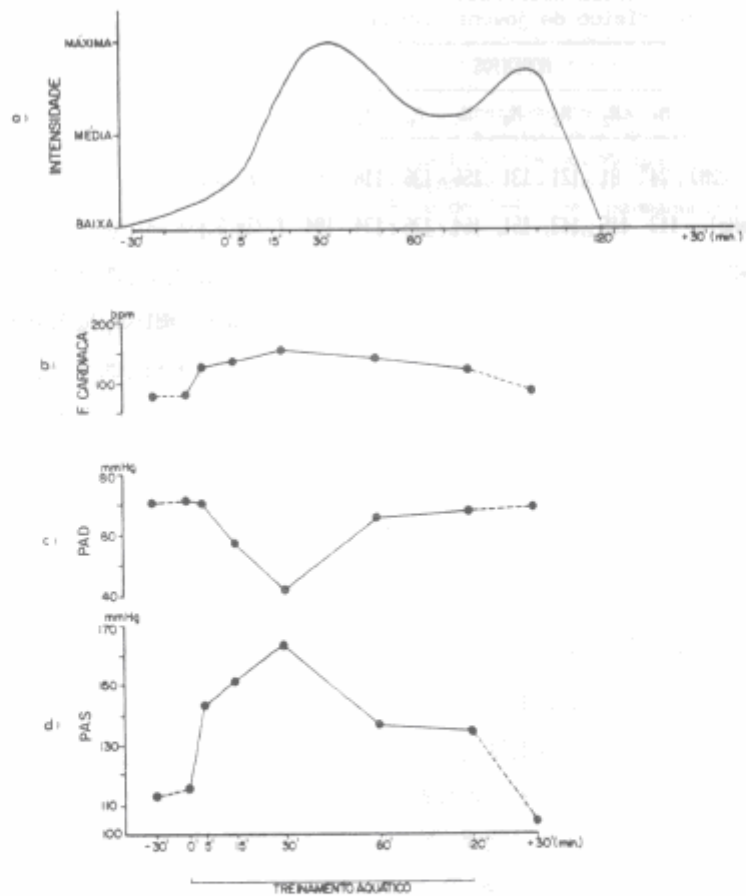


FIGURA 1 - Intensidade do exercício (a) e valores da frequência cardíaca (b), pressão arterial diastólica (c) e sistólica (d) de um grupo de nadadores durante uma sessão de treinamento físico.

A análise dos valores médios ou mediana dos diferentes momentos do estudo foi feita pela estatística F e χ^2 (13), respectivamente, aceitando-se o contraste quando $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os valores das variáveis cardiovasculares (PAS, PAD e Fc), no início da

aquática, foram semelhantes aos de repouso, verificando antes do início da fase terrestre do treinamento físico. Trinta minutos após o treinamento aquático, houve normalização apenas da Fc e da PAD. A PAS, neste momento, apresentou valores inferiores aos do pré-treinamento (Tabela I e figura 1).



TABELA I - Valores médios observados para os parâmetros nos diferentes momentos do treinamento físico de jovens nadadores.

VARIÁVEIS	MOMENTOS								SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	
FREQ. CARDÍACA (BPM)	74 [*]	81	121	131	156	136	118	81	F=685; p<0,001; (M ₁ =M ₂ =M ₈) < (M ₃ =M ₇) < (M ₄ =M ₆) < M ₅
PASIST. (mmHg)	113 [*]	115	143	151	164	136	134	104	F=214,5; p<0,001; M ₈ < (M ₁ =M ₂) < (M ₆ =M ₇) < (M ₃ =M ₄) < M ₅
PADIAST. (mmHg)	70 [*]	71	70	56	41	65	67	68	F=12,88; p<0,001; (M ₁ =M ₂ =M ₃ =M ₄) < (M ₅ =M ₆) < M ₇
GLICOSE (mg/dL)	81 [*]	81	72	72	84	83	83	75	F=8,67; p<0,001; M ₃ =M ₄ =M ₈ < (M ₁ =M ₂ =M ₅ =M ₆ =M ₇)
LACTATO (mM/l)	1,66	1,67	2,11	2,46	5,12	3,76	3	1,67	F=38,15; p<0,001; (M ₁ =M ₂ =M ₈) < (M ₃ =M ₄) < (M ₆ =M ₇) < M ₅
AGL (mM/l)	1,68 [*]	0,69	0,74	0,81	0,85	0,94	0,97	0,92	F=15,8; p<0,001; (M ₁ =M ₂ =M ₃) < (M ₄ =M ₅) < (M ₆ =M ₇ =M ₈)
INSULINA (ug/dl)	5,1 ^{**}	16	8,8	5,6	5,0	6,2	5,6	6,5	X ₂ =21,49; p<0,01; M ₂ < (M ₁ =M ₃ =M ₄ =M ₅ =M ₆ =M ₇ =M ₈)
GLUCAGON (ug/ml)	188 ^{**}	184	219	266	201	197	216	196	F=624; p>0,05; M ₂ < M ₃
CORTISOL (ug/dl)	15 [*]	13	15	15	14,2	15	15	13	F=4,59; p<0,05; M ₂ < M ₄
NGH (ng/ml)	0,2 ^{**}	2,3	6,6	2,2	7,2	12,4	3,1	2,4	X ₂ =15,89; p<0,05; M ₆ < (M ₂ =M ₃ =M ₄)
PROLACTINA (ng/ml)	4,5 ^{**}	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,4	4,5	X ₂ =2,22; p>0,05; M ₁ =M ₂ =M ₃ =M ₄ =M ₅ =M ₆ =M ₇ =M ₈
T ₃ (ng/dl)	147 [*]	128	128	140	137	135	143	136	H=4,88; p<0,05; M ₁ < (M ₂ =M ₃); M ₁ > M ₆ ; M ₂ < M ₇
T ₄ LIVRE (ng/dl)	1,51 [*]	1,23	1,34	1,33	1,33	1,31	1,30	1,30	F=6,86; p<0,05; M ₁ > (M ₁ =M ₂ =M ₃ =M ₄ =M ₅ =M ₆ =M ₇ =M ₈)
TSH (ug/ml)	0,5 ^{**}	0,5	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5	0,5	X ₂ =3,46; p>0,05; M ₁ =M ₂ =M ₃ =M ₄ =M ₅ =M ₆ =M ₇ =M ₈

* VALORES MÉDIOS, ** VALORES DA MEDIANA

Durante a fase aquática, a Fc e a PAS aumentaram gradativamente, atingindo valores máximos aos 30 min. de treinamento, declinando a seguir, atingindo valores semelhantes ao de repouso no final da fase aquática (120 min.). A PAD apresentou comportamento inverso à PAS durante o treinamento aquático (Tabela I e Figura 1).

O treinamento terrestre não alterou significativamente os níveis dos substratos energéticos em relação ao período de repouso pré-treino. Entretanto, 30 min. após o treinamento aquático, observou-se que a concentração de AGL ainda permane-

ceu elevada, e a de glicose diminuída e a de lactato igualava-se aos valores de repouso pré-treino (Tabela I e Figura 2).

Durante a fase aquática do treinamento, notou-se elevação rápida do lactato, até os 30 min. declinando a seguir, sem atingir, entretanto, os valores de repouso. Contrariamente a esse, a glicemia apresentou queda rápida nos primeiros 15 min. voltando, a seguir, aos patamares de repouso. Diferentemente dos anteriores, a concentração de AGL foi sistematicamente crescente durante toda a fase aquática (Tabela I e Figura 2).

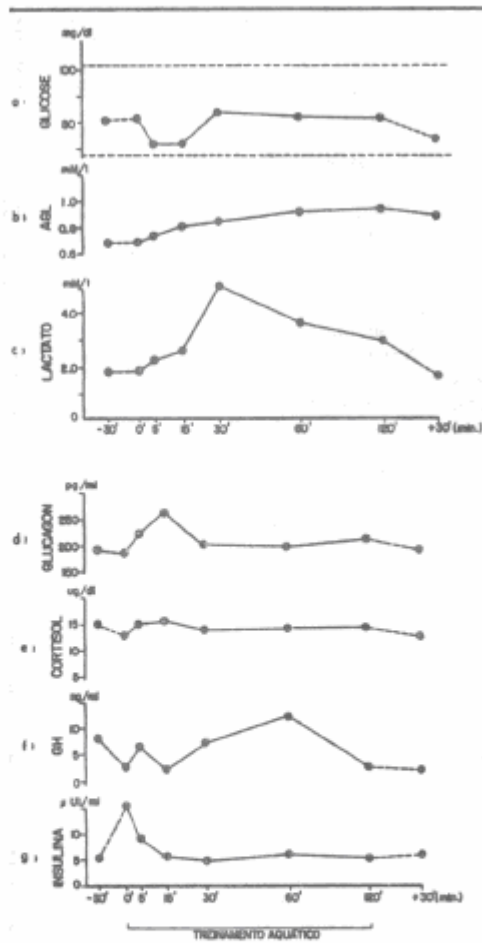


FIGURA 2 - Valores de glicemia (a), ácidos graxos livres (b), lactato (c) e dos hormônios plasmáticos: glucagon (d), cortisol (e), hGH (f) e insulina (g) obtidos de um grupo de nadadores durante uma sessão de treinamento físico.

O treinamento terrestre não alterou significativamente os níveis de glucagon, cortisol, prolactina e hormônio tireotrófico, tendo elevado a concentração de insulina e reduzido os níveis de hGH, T_3 e T_4 livre. O período de 30 min. de repouso após a sessão de treinamento aquático foi suficiente para equiparar os níveis de quase todos os hormônios (exceto T_4 livre) à situação de repouso pré-treino (Tabela I e Figura 2).

O treinamento aquático foi acompanhado da elevação, nos primeiros 30 min., de quase todos os hormônios estudados, com exceção de insulina, que diminuiu, e de PRL e do TSH, que permaneceram estáveis (Tabela I e Figura 2).

DISCUSSÃO

De acordo com o critério técnico, os momentos de maior intensidade, na sessão de treinamento, ocorreram entre 20-25 min e 90-100 min., sendo o primeiro maior que o segundo. Segundo o critério estatístico das variáveis analisadas, o momento dos 30 min. correspondeu ao pico de intensidade máxima e foi caracterizado pelo maior débito cardíaco (Fc e PAS máximas) e a menor resistência periférica (menor PAD), refletindo maior perfusão da musculatura esquelética. Nesse momento, o lactato sanguíneo apresentou seu valor máximo, sugerindo oferta insuficiente de O_2 para a demanda muscular e/ou incompetência hepática na remoção do lactato gerado. Segundo a literatura (1,12), essas alterações vistas no exercício de intensidade máxima são atribuídas aos estímulos provenientes do sistema nervoso central, aumentando a secreção de epinefrina pela medula adrenal e diminuindo a atividade parassimpática.

O momento, imediatamente anterior ao pico de intensidade máxima foi caracterizado pela elevação dos hormônios hiperglicemiantes, cortisol e, marcadamente, glucagon. Como se esperava, essa elevação foi precedida pela queda da glicemia e da insulina acompanhadas pela elevação dos AGL, quadro observado comumente em presença de níveis elevados de catecolaminas (7).

No momento imediatamente subsequente ao pico de intensidade máxima observou-se elevação máxima do hGH, paralelamente ao platô máximo dos AGL circulantes. A essa altura, houve a contribuição lipolítica dos hormônios: catecolaminas, glucagon e hGH apoiados sinergicamente pelos hormônios tireoideanos (2,6,8,9). Lactato, catecolaminas, hipoglicemia e hipóxia são fatores



descritos como estimuladores da secreção de hGH (18).

Os níveis de hGL mantiveram-se elevados até o final do exercício, apesar da normalização precoce do glucagon, hGH e cortisol. A manutenção da lipólise visa atender a demanda de AGL, pelo músculo em atividade moderada, na presença de pequenas variações dos hormônios contra-reguladores e pode ser explicada pelo aumento da sensibilidade das estruturas periféricas à ação do hormônio em decorrência do bom condicionamento físico (3,4).

De modo geral, a intensidade da resposta hormonal à atividade física é dependente da intensidade do esforço realizado e do grau de condicionamento físico pré-esforço. No presente caso, o treinamento foi predominantemente moderado e os atletas se encontravam adequadamente condicionados (fisicamente). Assim, como se esperava, as variações hormonais foram consideradas discretas e fisiológicas, tendo ultrapassado o limite superior da normalidade apenas o hGH (aos 60 min.) e o glucagon (5 a 15 min.), permanecendo no limite superior da normalidade até o final do treinamento aquático.

Assim, pode-se concluir que as adaptações metabólicas observadas, em nadadores de elite, durante a sessão de treinamento foram caracterizadas por alterações cardiovasculares e modificações das concentrações sanguíneas de substratos energéticos e dos hormônios. Estas variações nem sempre foram simultâneas. A ocorrência de elevações hormonais, em momentos distintos, do treinamento físico, sugere a existência de mecanismos estimulatórios independentes, frente a uma mesma carga de trabalho físico. Nesse sentido, tomando como referência o momento correspondente ao pico de exercício de intensidade máxima (5,12 mM de Lactato), tem-se que as elevações do glucagon e do cortisol foram precedentes, e a do hGH subsequente, a este momento. Por outro lado, a elevação do glucagon e do cortisol foram acompanhadas da queda da glicemia, da insulina e T_3 . A elevação do hGH ocorreu simultaneamente à elevação máxima dos níveis de AGL. Notou-se, portanto, que o pico de exercício de intensidade máxima mostrou a resposta mais significativa entre as variáveis sob maior controle neural como as cardiovasculares. Quanto à

amplitude das variações observadas nos parâmetros estudados, as mesmas podem ser classificadas como discretas, sugerindo bom condicionamento dos atletas frente ao esforço físico realizado.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro; às biólogas Edna C. Cervi e Maria Rita C. Mathias, pelas dosagens bioquímicas; aos técnicos da Equipe de Natação, pelo auxílio durante o treinamento físico; aos Técnicos de Laboratório Adércio Ferreira e Jair Natal Pires Martins, pela coleta de sangue e à Sr^a Rosane J.G. Laperuta e Sr^a Luciana Cristina Montes, pela digitação do texto.

ABSTRACT

TSUJI, H.; CURI, P.R. and BURINI, R.C. Metabolic and hormonal changes in competitive swimmers during the physical training. Brazilian Journal of Science and Movement, vol. 07, nº 02, pp 35-41, 1993.

The metabolic adaptations to a swimming training were investigated in 14 competitive swimmers (10 males and 4 females) 15,3 \pm 2,3 yrs old. The training session comprised a 60-min warm up off the pool followed by 120 min aquatic exercise, mostly moderate, with the maximum load at 30 min. Blood samples for energy-yielding substrates (glucose, free-fatty acids and lactate) and hormones (insulin, glucagon, cortisol, hGH, prolactin, T_3 , T_4 and TSH) assays and the heart rate and blood pressure measurements were taken before and after the warm-up, during (5, 15, 30, 60 and 120 min) and 30 min after the swimming session. The statistical analysis showed a decreasing of either systolic pressure, heart rate and lactate values up to 30 min of swimming and gradually coming back to normal. The glucose levels decreased early in the first 15 min and came back to normal at 30 min. The free-fatty acids showed a gradually increasing throughout the training session. Among the hormones the plasma levels of insulin reduced whereas glucagon, cortisol and hGH increased and the others remained unchanged. The changes in insulin, glucagon and cortisol preceded the maximum-work load (30 min) and followed the glucose decreasing whereas the hGH increasing succeeded the heavier exercise along with the free-fatty acid peak. Besides the changes seen for blood pressure data the other could be considered as physiological suggesting a well



conditioning for that kind of exercise and work load. The pattern of the changing levels seen during the exercise suggest that only the variables under neural control follow the maximal work load being mostly of the hormones controlled by other distinct mechanisms.

UNITERMS - Physical Exercise, Swimming, Hormones, Energy.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01- ARAI, Y.; SAUL, J.P.; ALBRECHT, P.; HARTLEY, L.H.; LILLY, L.S.; COHEN, R.J. and COLLUCCI, N.S. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Amer. J. Physiol.*, 256: H 132-41, 1989.
- 02- FRANZ, M.J. Exercise and management of diabetes mellitus. *J. Am. Diet. Assoc.*, 87:872-80, 1987.
- 03- FREY, H. The endocrine response to physical activity. *Scand. J. Soc. Med.*, Suppl., 29: 71-5, 1992.
- 04- GALBO, H.; RICHTER, E.A.; HILSTED, J.; HOLST, J.J.; CHRISTENSEN, N.J. & HERIKSSON, J. Hormonal regulation during prolonged exercise. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 301:72-80, 1977.
- 05- HARALAMBIE, G. & SENSER, L. Metabolic changes in man during long-distance swimming. *Europ. J. Appl. Physiol.*, 43:115-25, 1980.
- 06- HOCH, F.L. Lipids and thyroid hormones. *Progr. Lipid. Res.*, 27:199-270, 1988.
- 07- HOELZER, D.R.; DALSKY, G.P.; CLUTTER, W.E.; SHAH, S.D.; HOLLLOSY, J.O. & CRYER, P.E. Glucoregulation during exercise: hypoglycemia is prevented by redundant glucoregulatory system, sympathetic-chromaffin secretion. *J. Clin. Invest.*, 77:212-21, 1986.
- 08- KJAER, M.; SECHER, N.H.; BACH, F.W. & GALBO, H. Role of motor center activity for hormonal changes and substrate mobilization in exercising man. *Am. J. Physiol.*, 253:R687-95, 1987.
- 09- KOIVISTO, V.; HENDLER, R.; NADEZ, E. & FELIG, P. Influence of physical training on the fuel-hormones response to prolonged low intensity exercise. *Metabolism.*, 31:192-7, 1982.
- 10- LAVOIE, J.-M. Blood metabolism during prolonged exercise in swimming and by cycling. *Europ. J. Appl. Physiol.*, 48:127-33, 1982.
- 11- LAVOIE, J.-M.; CONSINEAU, D.; FERONNET, F. & PROVENCHER, R.J. Metabolism and hormone responses of elite swimmers during a regular training session. *Europ. J. Appl. Physiol.*, 50: 173-7, 1983.
- 12- MITCHEL, J.H. Cardiovascular control during exercise: central and reflex neural mechanism. *Am. J. Cardiol.*, 55:340-410, 1985.
- 13- MORRISON, D.F. Multivariate statistical method. New York, Mc Graw Hill, 1967. 338 p.
- 14- NOVAK, M. Colorimetric ultramicro method for the determination of free-fatty acids. *J. Lipid. Res.*, 6:431-38, 1985.
- 15- SANDINO-ARROYO, A. Fundamentaciones básicas. In: Natación deportiva, 4 ed. Madrid. Comité Olímpico Español, 1968. Cap. 1. p.21-74.
- 16- SUTTON, J.R. Effect of acute hypoxia on the hormonal response to exercise. *J. Appl. Physiol.*, 42:587-92, 1977.
- 17- YALOW, R.S. Radioimmunoassay of hormones. In: Wilson, J.D.; Foster, D.W. eds. Williams textbook of endocrinology. Philadelphia, W.B. Saunders, 1985, cap. 5, p. 123-32.

ENDEREÇO DO AUTOR / AUTHORS ADDRESS

Roberto C.V. Burini
Departamento de Clínica Médica - UNESP
Faculdade de Medicina - UNESP
Botucatu - São Paulo
CEP 18618-000