

artigo original

## ***Resposta Divergente da Testosterona e do Cortisol Séricos em Atletas Masculinos Após Uma Corrida de Maratona***

***Sheyla Carla A. França  
Turíbio Leite Barros Neto  
Marisa Cury Agresta  
Renato Fraga M. Lotufo  
Claudio E. Kater***

*CEMAFE — Centro de Medicina da Atividade Física e do Esporte, Disciplina de Endocrinologia, Departamento de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, SP.*

### RESUMO

O exercício físico altera a homeostase, pois requer rápida mobilização de fontes metabólicas. Neste estudo, analisamos a resposta dos níveis séricos de testosterona (T) e cortisol (C) e das enzimas de desgaste muscular CK, CKMB e LDH, em 20 atletas masculinos saudáveis (25 a 40 anos), participantes de uma maratona (42,2 km). Coletas de sangue venoso foram feitas em 3 períodos: (i) pela manhã, 48 h antes da maratona (controle), (ii) logo após o término da corrida (final) e (iii) na manhã seguinte, 20 h após a realização da prova (recuperação). Ao final, T estava significativamente mais baixa (de 673 para 303 ng/dl) e C mais elevado (de 20,3 para 42,5 µg/dl) que no período controle. Na recuperação, ambos praticamente retornaram aos níveis basais. CK, CKMB e LDH estavam significativamente mais elevadas ao final da corrida e mais ainda na recuperação (exceto a CKMB), caracterizando o desgaste muscular. Enquanto CK e LDH apresentaram significativa correlação negativa com a T (-0,412 e -0,546, respectivamente), CKMB correlacionou-se positivamente com o C (0,4521). Concluímos que a correlação inversa entre T e C, e o comportamento das enzimas CK, CKMB e LDH, permite comprovar que uma corrida de maratona causa intenso *stress* físico, provocando desequilíbrio hormonal e lesão celular severa. (**Arq Bras Endocrinol Metab 2006;50/6:1082-1087**)

**Descritores:** Maratona; Testosterona; Cortisol; Enzimas musculares; Catabolismo glicoprotéico; Energia

### ABSTRACT

#### **Divergent Responses of Serum Testosterone and Cortisol in Athlete Men after a Marathon Race.**

Physical exercise alters homeostasis, as it requires prompt mobilization of metabolic sources. In this study, we measured serum testosterone (T) and cortisol (C) levels and the muscle-wastage enzymes CK, CKMB and LDH in 20 healthy male athletes (ages 25 to 40 years) in response to a marathon race (42.2 km). Venous blood samples were drawn in 3 different periods: (i) in the morning, 48 h before the competition (control), (ii) at the end of the race (end), and (iii) in the next morning, 20 h after the race (recovery). At the end, T was significantly lower (from 673 to 303 ng/dl) and C higher (from 20.3 to 42.5 µg/dl) as compared to the control period. At recovery, both were virtually identical to control levels. CK, CKMB and LDH were significantly higher at the end of the competition and even higher in the recovering period (except for CKMB), characterizing muscle wastage. CK and LDH disclosed a significant negative correlation with T (-0.412 and -0.546, respectively), whereas CKMB correlated positively with C (0.4521). We conclude that the inverse correlation observed between T and C levels, and the pattern of CK, CKMB and LDH increase, allow us to confirm that a marathon race may cause a marked physical stress, resulting in a distinct hormonal imbalance and severe cellular damage. (**Arq Bras Endocrinol Metab 2006;50/6:1082-1087**)

**Keywords:** Marathon; Testosterone; Cortisol; Muscle enzymes; Glycoprotein catabolism; Energy

*Recebido em 02/12/05  
Revisado em 12/04/06  
Aceito em 02/08/06*

**E**STUDOS REVELAM QUE OS NÍVEIS de testosterona (T) e cortisol (C) são alterados conforme a intensidade e a duração do exercício (1,2). Exercícios de curta duração e alta intensidade ou trabalho de força causam aumento nos níveis de T. Fry e cols. (3) observaram um aumento de T imediatamente após exercício intenso, seguido de redução horas após. Hakkinen e cols. (4) observaram aumento da T em indivíduos que se submetiam a um trabalho de força muscular, acreditando que este aumento resultasse das adaptações musculares devido a programas intensivos de sobrecarga muscular. Em exercícios de longa duração (acima de 2 h), observa-se queda da T e aumento do C, cujas normalizações podem demorar de 18 a 24 h (5).

O cortisol estimula o fracionamento das proteínas para os componentes aminoácidos em todas as células do corpo, exceto no fígado. Os aminoácidos liberados são conduzidos ao fígado, onde participam na síntese de glicose, através da gliconeogênese. O C também acelera a mobilização e a utilização das gorduras para obtenção de energia, através da lipólise. Os adipócitos são especializados na síntese e armazenamento de triglicerídeos; sua molécula é clivada no processo da hidrólise em glicerol e três moléculas de ácidos graxos. Após difusão na corrente sanguínea, os ácidos graxos são entregues aos tecidos ativos, onde são metabolizados para a produção de energia. Esta reação de desintegração das gorduras (lipólise) é catalisada pela enzima lipase; sua ativação e as subsequentes lipólises e mobilização dos ácidos graxos livres são exacerbadas pelo cortisol (6). Além disso, o C impede a ruptura dos lisossomos, impedindo a lise adicional dos tecidos.

A testosterona é um esteróide anabólico por excelência, que participa de vários processos metabólicos, aumentando a síntese de proteínas (e da massa muscular) e a deposição de glicogênio nos músculos, e possuindo ainda um efeito antagonístico à ação proteolítica dos glicocorticóides (7). O cortisol, ao contrário, tem atividade predominantemente catabólica, induzindo proteólise e lipólise, com aumento da gliconeogênese hepática e elevação da glicemia. Por ser tipicamente um “hormônio do *stress*”, os níveis de C costumam estar elevados durante exercícios de qualquer intensidade.

Como a T é um esteróide de atividade tecidual anabólica, enquanto o C tem atividade essencialmente catabólica, a relação entre seus níveis séricos de repouso serve como indicador do balanço entre o metabolismo anabólico e catabólico. Uma única série de exercícios é suficiente para induzir alterações transitórias neste balanço (5). Além disso, alterações nas

concentrações de T e C também são utilizadas para observação do tempo de recuperação de atletas após o exercício (3). Já o “supertreinamento” pode causar distúrbios persistentes neste equilíbrio. Nesta situação, os níveis de repouso de T estão reduzidos e os de C, elevados (2,3). Porém, em situações de “supertreinamento” prolongado (meses), estas alterações se manifestam como redução crônica da performance, acompanhada de um ou mais sintomas físicos, como elevação da frequência cardíaca de repouso, perda de peso, diminuição da libido, alterações no sono etc.

A CK (creatina-quinase) é uma enzima magnésio-ativada da classe das transferases, que catalisa a fosforilação da creatina pelo ATP para formar fosfocreatina. A reação armazena eficientemente a energia do ATP como fosfocreatina no tecido muscular e cerebral, e mantém a concentração muscular de ATP praticamente constante durante o início de exercícios. Ela ocorre na forma de três isoenzimas, cada uma possuindo dois componentes na forma das sub-unidades M (*muscle*) e B (*brain*): CK1 (ou CKBB) é encontrada primariamente no tecido cerebral e CK2 (MB) primariamente no músculo esquelético. A creatina é um aminoácido formado pela metilação do ácido guanidinoacético que ocorre em tecidos de vertebrados, particularmente no músculo. A creatina fosforilada (ou fosfocreatina) é uma forma importante de armazenamento de fosfato de alta energia, e a fonte de energia para a contração muscular.

O LDH (lactato-desidrogenase) é uma enzima da classe das oxidoreductases que catalisa a redução do piruvato para o lactato, usando o NADH como doador de elétrons. A reação é o passo final na glicólise (fibras brancas). A reação reversa é o primeiro passo na combustão do lactato (coração, fibras vermelhas), ou sua conversão para glicose (fígado). A enzima ocorre no citoplasma de praticamente todas as células, existindo várias isoformas.

Um problema preocupante em treinamento de atletas é a falta da necessária recuperação após atividade física intensa (maior do que 2 h). Assim, para que haja um equilíbrio na relação testosterona/cortisol, é importante sua análise e comparação em três períodos (antes, ao término e na recuperação), a fim de se avaliar a duração deste desbalanço hormonal, e a existência de alguma associação destas alterações com as enzimas de desgaste muscular: creatina-quinase (CK3, localizada primariamente no músculo esquelético), CK-MB (CK2, encontrada no músculo cardíaco) e desidrogenase láctica (LDH).

Desta maneira, propusemo-nos a verificar o comportamento dos níveis séricos de testosterona e cortisol em atletas masculinos saudáveis, durante uma cor-

rida de maratona e no período de recuperação, e a possível associação de alterações destes hormônios com as enzimas de desgaste muscular, CK, CKMB e LDH.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados 20 atletas sadios do sexo masculino, com idades variando entre 25 e 40 anos, que apresentavam peso de  $63,2 \pm 5,6$  kg (média  $\pm$  DP) e estatura de  $170,0 \pm 5,4$  cm. Todos eram corredores de maratona, com participação em pelo menos uma corrida nos últimos dois anos, e com frequência de treinamento mínima de cinco vezes por semana. Nenhum estava fazendo uso de qualquer medicamento que potencialmente pudesse alterar os níveis séricos de cortisol e testosterona, nem interferir nos respectivos ensaios para sua determinação. Como todos os atletas pertenciam a um mesmo grupo de corredores, seguindo, portanto, as orientações de um mesmo técnico, a triagem e seleção foram feitas pelo próprio treinador, com base nos critérios indicados.

O protocolo do estudo foi previamente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo / Escola Paulista de Medicina. Todos os atletas arrolados assinaram um termo de consentimento formal após terem sido informados dos objetivos e possíveis riscos do estudo.

Os atletas selecionados foram previamente entrevistados e examinados, tendo-se verificado seu peso corporal e estatura em balança mecânica. Durante a anamnese, excluiu-se a presença de problemas atuais de saúde e uso de medicações, tendo-se aferido a distância semanal média percorrida e o uso de vitaminas e complementos alimentares.

Os testes deste projeto foram realizados durante a VII Maratona Internacional de São Paulo, com um percurso de 42,2 km, e para a participação nesta corrida foram obedecidos regulamentos da comissão organizadora da prova.

Foram realizadas três coletas de sangue: a primeira foi obtida no CEMAFE (Centro de Medicina da Atividade Física e do Esporte) 48 h antes da prova, entre 7:30 e 8:30 da manhã, após 30 min de repouso, com os atletas em jejum de 12 h (controle); a segunda foi obtida no dia da maratona, logo após o término da corrida (por volta das 12:00) (final); e a terceira foi realizada no CEMAFE no dia seguinte, 20 h após o término da prova, obedecendo-se aos mesmos procedimentos da primeira coleta (recuperação). Para a segunda coleta, os atletas foram orientados a se dirigir, imediatamente ao término da corrida, a um local previa-

mente combinado, onde uma equipe composta pela responsável do projeto, um médico, um técnico em coleta e um ajudante, fizeram as devidas coletas. Neste momento, foi também aplicado um questionário para investigar a alimentação feita antes e durante a prova. O sangue coletado foi acondicionado em tubos de plástico e transportado em caixa térmica, sendo o soro separado e conservado a  $-4^{\circ}\text{C}$  em geladeira até a análise.

## Dosagens de testosterona, cortisol e das enzimas musculares

Todas as dosagens foram realizadas no Laboratório Delboni-Auriemo (Diagnósticos da América). Testosterona e cortisol foram dosados por ensaios específicos de quimioluminescência (kits Gamma Coat, Steroids Lab, EUA), utilizados na rotina daquele laboratório.

Para a dosagem das enzimas musculares CK, CKMB e LDH foi utilizado um método cinético - UV (kit Advia, Bayer, EUA).

A relação cortisol ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ ):testosterona ( $\text{ng}/\text{dL}$ ) foi empregada como um índice de catabolismo ou de disponibilização de energia.

## Estatística

Foram determinadas as médias ( $\pm$  DP) do peso corporal, estatura, níveis séricos de testosterona, cortisol, relação cortisol:testosterona e das enzimas CK, CKMB e LDH. Eventuais diferenças foram pesquisadas por análise de variância com medidas repetidas. O teste de correlação de Spearman foi utilizado para se avaliar a associação entre os níveis hormonais e as enzimas musculares.

## RESULTADOS

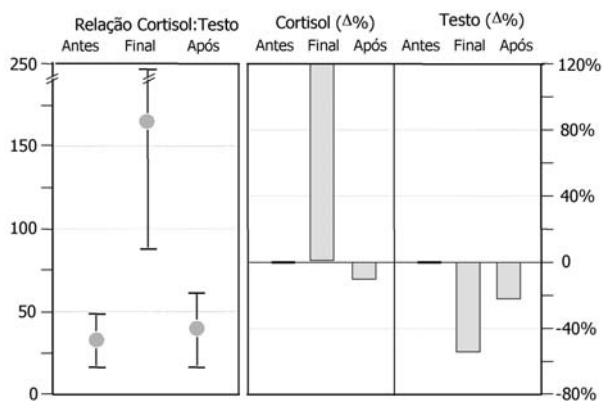
As médias ( $\pm$  DP) de peso e estatura dos 20 atletas selecionados foram de  $63,2 \pm 5,6$  kg e  $170,0 \pm 5,4$  cm, respectivamente. Todos se encontravam em excelentes condições de saúde e livres do uso de produtos que pudessem interferir nas dosagens hormonais ou nas enzimas musculares. Dos 20, seis estavam fazendo uso de suplementos vitamínicos e dois de complemento de carboidrato (maltodextrina). A distância média percorrida semanalmente pelos atletas variou de 90 a 150 km.

A tabela 1 e a figura 1 mostram os resultados da testosterona e do cortisol, obtidos 48 h antes, ao final e 20 h após a maratona. Em comparação aos valores controle, os níveis de testosterona ao final da corrida reduziram-se, enquanto os de cortisol elevaram-se significativamente ( $p < 0,05$ ), produzindo um aumento de 5 vezes na relação cortisol:testosterona (tabela 1 e

**Tabela 1.** Valores médios ( $\pm$  DP e amplitude de variação) dos níveis séricos de cortisol, testosterona, relação cortisol:testosterona e das enzimas CK, LDH e CKMB em 20 atletas masculinos 48 h antes, ao final e 20 h após uma maratona.

	Antes	Final	Após
Cortisol ( $\mu\text{g/dL}$ )	20,3 $\pm$ 4,2 [12,5-27,7]	42,5 $\pm$ 12,8 * [20,1-73,9]	17,8 $\pm$ 4,4 [7,3-24,3]
Testosterona (ng/dL)	673 $\pm$ 224 [332-1.023]	303 $\pm$ 148 * [81-741]	528 $\pm$ 197 [227-854]
Relação	34,2 $\pm$ 15,3 [12,5-65,2]	164,2 $\pm$ 70,4 * [61,9-264,2]	40,2 $\pm$ 21,6 [9,7-95,2]
CK (mg/dL)	183,2 $\pm$ 47,6 [108-308]	415,1 $\pm$ 97,9 * [307-704]	459,5 $\pm$ 87,3 ** [335-667]
LDH (mg/dL)	301,3 $\pm$ 41,8 [207-371]	452,8 $\pm$ 65,9 * [331-585]	458,7 $\pm$ 82,4 ** [244-608]
CKMB (mg/dL)	10,5 $\pm$ 2,5 [6,8-16,7]	14,6 $\pm$ 3,2 * [10,1-23,6]	12,6 $\pm$ 2,7 [8,5-20,2]

\*  $p < 0,05$  (Final X Antes); \*\*  $p < 0,05$  (Após X Antes)

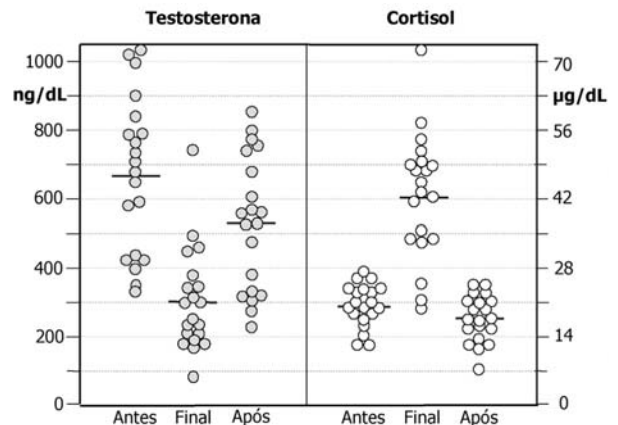


**Figura 2.** Relação cortisol:testosterona e variação percentual do cortisol e da testosterona em 20 atletas masculinos 48 h antes, ao final e 20 h após uma corrida de maratona. As barras transversais representam a média dos valores.

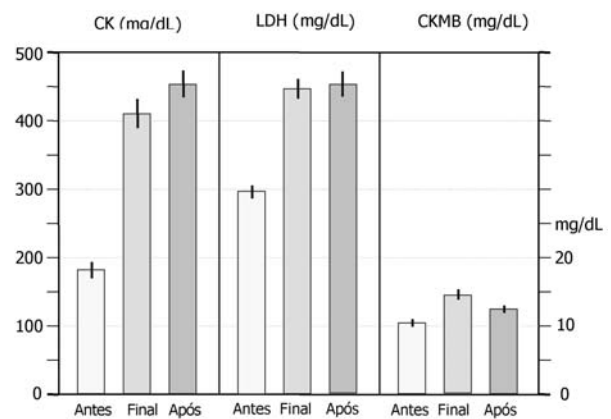
figura 2). Os valores de CK, CKMB e LDH (tabela 1, figura 3) também se encontravam consistentemente elevados ao final da corrida ( $p < 0,05$ ).

No período de recuperação, observou-se uma tendência à normalização tanto dos níveis de testosterona como de cortisol (e da relação cortisol:testosterona), embora as enzimas de desgaste muscular (CK e LDH) permanecessem ainda significativamente elevadas ( $p < 0,05$ ).

Os níveis de testosterona correlacionaram-se inversa e significativamente com os de cortisol (-0,4245) e com os de CK (-0,4119) e LDH (-0,5461), enquanto os níveis de cortisol mostraram correlação significativa e positiva com os de CKMB (0,4521).



**Figura 1.** Níveis séricos de testosterona e cortisol em 20 atletas masculinos 48 h antes, ao final e 20 h após uma corrida de maratona. As barras transversais representam a média dos valores.



**Figura 3.** Níveis séricos médios ( $\pm$  DP) das enzimas de desgaste muscular, CK, LDH e CKMB em 20 atletas masculinos 48 h antes, ao final e 20 h após uma corrida de maratona.

## DISCUSSÃO

Os resultados observados no presente trabalho, em relação às alterações do cortisol e da testosterona, estão de acordo com dados previamente encontrados na literatura (5,7-14).

Várias modalidades de exercícios intensos e de longa duração (> 2 horas) promovem aumento dos níveis de cortisol e redução dos de testosterona, logo após o término do exercício (3,7). Hoogeveen e cols. (5) observaram que a normalização desses níveis hormonais pode ocorrer entre 18 e 24 horas.

Enquanto o aumento do cortisol é um fenômeno esperado, uma vez que este hormônio induz a

proteólise e a lipólise para a obtenção de energia, desconhece-se o motivo pelo qual a testosterona diminui durante e após um exercício de longa duração. Alguns autores observaram aumento deste hormônio em exercícios de curta duração, ou exercícios de força, porém sem uma justificativa clara (4,7).

No presente estudo, verificamos diferenças significantes entre os vários períodos das coletas, conforme mostrado na tabela 1. Os valores de testosterona e cortisol obtidos imediatamente ao final da corrida, em estado de grande *stress* físico e psicológico, são significativamente diferentes daqueles obtidos 48 h antes da corrida, em condições basais e de repouso, enquanto aqueles verificados no período de recuperação mostram um retorno aos valores basais. Os valores das enzimas, entretanto, elevam-se marcadamente ao final da corrida, mas mantêm-se até mais elevadas na recuperação, exceto para a CKMB.

A diferença entre os resultados obtidos antes (controle) e 20 horas após a corrida (recuperação) mostra que neste período os níveis hormonais (em especial a relação cortisol:testosterona) ainda se encontram em desequilíbrio, evidenciando que uma corrida de maratona causa ao organismo um *stress* intenso e um flagrante desbalanço entre anabolismo e catabolismo.

Analisando os níveis das enzimas de desgaste muscular nos três períodos, observamos que também existem diferenças que parecem ter relação com o desequilíbrio hormonal. As três enzimas (CK, LDH e CKMB) tiveram um aumento significativo ao final da corrida em relação aos valores basais; entretanto, enquanto as duas primeiras seguiram ainda mais elevadas no período de recuperação (20 h após a corrida), a CKMB já estava praticamente normalizada.

Verifica-se, portanto, que a CK eleva-se durante o exercício físico para manter o ATP muscular durante a atividade, comprovando que são indicativos da destruição de células musculares em resposta ao grande *stress* físico que também é refletido pelo aumento do cortisol. Tanto a CK como a LDH estão localizadas no citoplasma celular e são liberadas na circulação quando ocorre ruptura destas células.

A dor tardia ao exercício físico é verificada em exercícios excêntricos, aqueles causados a partir de um treinamento isotônico. Este treinamento consiste de movimentos que contêm contrações concêntricas e excêntricas contra uma resistência constante.

Como as corridas de longa duração têm um componente excêntrico predominante, as enzimas CK e LDH são liberadas ainda com mais intensidade na circulação sanguínea (15).

Já a CKMB é específica do músculo cardíaco. O motivo pelo qual ela se mostra elevada logo após uma

corrida de maratona ainda não é totalmente conhecido, mas acredita-se que seja devido ao intenso trabalho cardíaco que ocorre durante essa atividade. Entretanto, estudos mais específicos são ainda necessários para se estabelecer alguma relação causal entre corridas de maratona e elevação da CKMB.

Vincent e cols. (16) analisaram os efeitos do treinamento e a resposta da CK, da dor muscular e da função do músculo em exercícios de resistência. Verificaram que, em exercícios agudos e extenuantes com peso, ocorre uma redução da resposta da CK, porém sem redução da susceptibilidade à dor e com perda da função muscular.

Gilian e cols. (8) investigaram a associação da relação cortisol:testosterona e a ação da insulina durante um treinamento de natação, verificando que tanto a diminuição da testosterona como o aumento do cortisol não afetaram a ação da insulina (por se tratar de um efeito agudo). Da mesma forma, Hoffman e cols. (9) associaram as alterações da temperatura do meio ambiente com as respostas da testosterona e do cortisol em exercícios de alta intensidade e intervalados, tendo observado que esses hormônios comportam-se de maneira semelhante em relação às variações da temperatura, ou seja, nas diferentes temperaturas ocorre elevação do cortisol e redução da testosterona.

No presente estudo, verificamos que existe uma associação positiva entre as alterações do cortisol e das enzimas musculares CK, CKMB e LDH, uma vez que tanto aquele esteróide quanto as enzimas encontram-se elevados em situações de *stress*, diferentemente da testosterona.

Concluimos, portanto, que a correlação entre cortisol e testosterona e as enzimas de desgaste muscular permite comprovar que a corrida de maratona causa um intenso *stress* físico, provocando desequilíbrio hormonal e lesão celular músculo-esquelética. O aumento da relação cortisol:testosterona obtida após o término da corrida evidencia um estímulo catabólico intenso, que mesmo após 20 horas de recuperação ainda não apresenta uma indicação metabólica de supercompensação. Diante desses achados, sugerimos que praticantes de corridas de maratona necessitam de um período de recuperação apropriado após sua prática.

## REFERÊNCIAS

1. De Souza MJ, Arce JC, Pescatello LS, Scherzer HS, Luciano AA. Gonadal hormones and semen quality in male runners. *Int J Sports Med* 1995;15:383-91.
2. Fahrner CL, Hackney AC. Effects of endurance exercise on free testosterone concentration and the binding affinity of sex hormone binding globulin (SHBG). *Int J Sports Med* 1998;19:12-5.

3. Foss ML, Keteyian SJ. **Physiological basis for exercise and sport**. 6<sup>th</sup> edition. Mc-Graw-Hill International Editions, 1998.
4. Fry RW, Morton AR, Garcia WP, Keast D. Monitoring exercise stress by changes in metabolic and hormonal responses over a 24-h period. **Eur J Appl Physiol** 1991;63:228-34.
5. Fry AC, Kraemer WJ, Ramsey LT. Pituitary-adrenal-gonadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining. **J Appl Physiol** 1998;85(6):2352-9.
6. Flynn MG, Kathy KC, Heather LH, Barbara AB, Brolinson PG, Carol AW. Cross training: indices of training stress and performance. **Med Sci Sports Exerc** 1998;30:294-300.
7. Gillian L, Tyndall RW, Kobe J, Houmard A. Cortisol, testosterone and insulin action during intense swimming training in humans. **Eur J Appl Physiol** 1996;73:61-5.
8. Gorayeb N, Barros-Neto TL. **O exercício — Preparação fisiológica, avaliação médica e aspectos especiais e preventivos**. 1999. pp. 171-86.
9. Grazyna L, Zbigniew O, Adam K, Witold S. Plasma cortisol and testosterone following 19km and 42km kayak races. **J Sports Med Phys Fitness** 1991;31:538-42.
10. Hakkinen K, Pakarinen A. Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. **Int J Sports Med** 1995;16(8):507-13.
11. Hoogeveen AR, Zonderland ML. Relationships between testosterone, cortisol and performance in professional cyclists. **Int J Sports Med** 1996;17:423-8.
12. Hoffman JR, Falk B, Radom-Isaac S, Weinstein Y, Magazanik A, Wang Y, et al. The effect of environmental temperature on testosterone and cortisol responses to high intensity, intermittent exercise in humans. **Eur J Appl Physiol** 1997;75:83-7.
13. Houmard JA, Costell DL, Mitchell JB, Park OSH, Fuik WJ, Burns JM. Testosterone, cortisol and creatine kinase levels in male distance runners during reduced training. **Int J Sports Med** 1990;11:41-5.
14. Jensen J, Oftebro B, Breigan A, Johnsson K, Ahlin HD, Meen SB, et al. Comparison of changes in testosterone concentrations after strength and endurance exercise in well trained men. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol** 1992;63:467-71.
15. Kuoppasalmi K. Plasma testosterone and sex-hormone-binding globulin capacity in physical exercise. **Scand J Clin Lab Invest** 1980;40:411-8.
16. Kraemer WJ, Patton JF, Gordon SE. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. **J Appl Physiol** 1995;78(3):976-89.
17. Kraemer WJ, Hakkinen K. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. **Appl Physiol** 1999;87(3):982-92.
18. Mackelvie KJ, Taunton JE, McKay HA, Khan KM. Bone mineral density and serum testosterone chronically trained, high mileage 40-55 years old male runners. **Br J Sports Med** 2000;34:273-8.
19. Mathur DN, Toriola AL, Dada OA. Serum cortisol and testosterone levels in conditioned male distance runners and nonathletes after maximal exercise. **J Sports Med** 1989;26:245-50.
20. Mcardle DW, Katch LF, Katch LV. **Fisiologia do exercício, energia, nutrição e desempenho humano**. 3<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1992.
21. Olesen HL, Raabo E, Bangsbo J, Secher NH. Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. **Eur J Appl Physiol** 1994;69:140-6.
22. Powers SK, Howley ET. **Fisiologia do exercício, teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3<sup>a</sup> ed. 1997. pp. 72-81.
23. Shephard RJ, Sidney KH. Effects of physical exercise on plasma growth hormone and cortisol levels in human subjects. **Exerc Sports Sc Reviews**. Vol. 3 Ed. By J.H., 1990.
24. Smorawwinski J, Nazar K, Kaciuba H, Kaminska E, Cybulski G, Kodrzycka A, et al. Effects of 3-day bed rest on physiological responses to graded exercise in athletes and sedentary men. **J Appl Physiol** 2001;91:249-57.
25. Sorichter S, Koller A, Haid CH, Wicke K, Judmaier W, Werner P, et al. Light concentric exercise and heavy eccentric muscle loading: effects on CK, MRI and markers of inflammation. **Int J Sports Med** 1995;16:288-92.
26. Suzuki K, Totsuka M, Nakaji S. Endurance exercise causes interaction among stress hormones, cytokines, neutrophil dynamics, and muscle damage. **J Appl Physiol** 1999;87(4):1360-7.
27. Tidball JG. Inflammatory cell response to acute muscle injury. **Med Sci Sports Exerc** 1995;27:1022-32.
28. Vincent HK, Vincent KR. The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. **Int J Sports Med** 1997;18:431-7.
29. Vogel RB, Books CA, Ketchum C, Zanner CW, Murray FT. Increase of free and total testosterone during submaximal exercise in normal males. **Med Sci Sports Exerc** 1995;17:119-23.
30. Warren MP, Constantini NW. **Sports endocrinology**. 2000.
31. Wilson JD, Foster DW. **Textbook of endocrinology**. 7<sup>th</sup> edition. vol. 2, 1988. p.1019-101.

**Endereço para correspondência:**

Sheyla Carla A. França  
Rua Rio de Janeiro 207, ap. 101  
41830-401 Salvador, BA  
E-mail: sheylacarla@uol.com.br