

# Adaptação e rendimento físico – considerações biológicas e antropológicas

Adaptation and physical performance – biological and anthropological considerations

PEREIRA, B.; SOUZA JR., T.P. Adaptação e rendimento físico – considerações biológicas e antropológicas. **R. bras. Ci e Mov.** 2005; 13(2): 145-152.

**RESUMO** – Adaptação é um conceito biológico chave na teoria do treinamento esportivo. O mesmo tem por paradigma a teoria fisiológica da mudança de Selye porque se refere a mudanças fenotípicas. Contudo, sua utilização no Esporte contrasta com a Biologia e Antropologia Biológica que se refere a mudanças genotípicas. Em função disso, sugeriu-se mais recentemente utilizar o conceito ajustamento para explicar mudanças fenotípicas resultantes da estimulação ambiental. O objetivo desta revisão é demonstrar que o conceito ajustamento é mais apropriado para o Esporte explicar as mudanças decorrentes do treinamento físico do que a adaptação, sem comprometer a sua base teórica.

**PALAVRAS-CHAVE** – Adaptação, Ajustamento, Biologia, Treinamento Físico, Grupos Étnicos e Rendimento Físico.

PEREIRA, B.; SOUZA JR., T.P. Adaptation and physical performance – biological and anthropological considerations. **R. bras. Ci e Mov.** 2005; 13(2): 145-152.

**ABSTRACT** – Adaptation is a key biological concept in the theory of the sporting training. The paradigm of the same is the Selye's physiologic theory of changes because it refers to phenotypic changes. However, its use in the Sport contrasts with the Biology and Biological Anthropology that refers to genotypic changes. In function of that, it was suggested more recently to use the concept adjustment to explain phenotypic changes resulting from the environmental stimulation. The objective of this review is to demonstrate that the concept adjustment is more appropriate for the Sport to explain the current changes of the physical training than the adaptation, without committing its theoretical base.

**KEYWORDS** – Adaptation, Adjustment, Biology, Physical Training, Ethnic Groups and Performance.

Benedito Pereira<sup>1</sup>

Tácito Pessoa de Souza Jr<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Esporte, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, Avenida Prof. Mello Moraes, 65, Butantã – CEP 05508-900. benepe@usp.br.

<sup>2</sup> Faculdade de Educação Física de Santos – UNIMES e Faculdade de Educação Física de Campinas – UNICAMP.  
E-mail: tacitojr@terra.com.br

## Introdução

Existem várias definições de adaptação aplicada ao treinamento físico e a maioria é influenciada por pesquisadores russos que utilizaram Selye<sup>28</sup> como paradigma<sup>31</sup>. Baseando-se na teoria do estresse de Selye, podemos entender o treinamento físico como um processo em que o atleta é submetido a cargas que provocam fadiga controlada no seu organismo. Depois de processos adequados de recuperação, alcançam-se valores superiores de rendimento físico. Para Verkoshanski<sup>30</sup>, adaptação é um processo através do qual o homem se adequa às condições naturais e sócio-culturais que levam à melhora morfológico-funcional do organismo, assim como a um aumento na sua potencialidade vital e de sua capacidade de resistir aos estímulos ambientais.

Mais recentemente, muitas disciplinas biológicas, físicas e químicas denominam o efeito previamente descrito para o exercício por “efeito hormético”<sup>5</sup>. Esta teoria tem sido aplicada por essas áreas para explicar o efeito paradoxal verificado nos benefícios que pequenas doses de estresse propiciam ao organismo<sup>7</sup>. Por exemplo, segundo Ji<sup>15</sup>, o exercício moderado ao propiciar pequenas doses de estresse oxidativo, promove ajustes antioxidantes que melhoram a capacidade do organismo em suportar doses maiores desse tipo de estresse numa exigência física maior. Além disso, existem evidências de que o exercício prolongado moderado eleva as concentrações plasmáticas de cortisol, um hormônio estreitamente relacionado com estresse.

Hormese é um fenômeno relacionado com dose/resposta caracterizado por uma modesta estimulação por doses baixas (entre 30-60% do controle) e inibição por altas doses (20). Ou seja, é uma ação benéfica resultante na resposta do organismo a pequenas doses de estresse<sup>14</sup>. Calabrese e Baldwin<sup>6</sup> descrevem o efeito hormético como uma resposta supercompensatória ao desequilíbrio na homeostase provocado por determinado estímulo estressante. Essa afirmação mostra que a supercompensação não é um fenômeno específico do treinamento físico, mas, um efeito genérico inerente à vida sob estresse.

Existem vários tipos de efeitos horméticos devidos à variedade de estímulos a que o organismo é submetido. Por exemplo, foi demonstrado no início da década de 70 por

Edington et al.<sup>8</sup> que existe um limiar na idade em relação aos efeitos benéficos da prática de exercício físico. A proposta baseou-se em estudos que mostraram que para determinado tipo de exercício com particular intensidade e duração, existe uma certa idade além da qual o exercício pode não exercer efeitos positivos. Foi verificado em ratos que iniciavam o treinamento físico aos 20 meses de idade, baixo índice de sobrevivência comparativamente aos animais da mesma idade sedentários. Por outro lado, em animais que iniciavam o treinamento físico antes dos 15 meses de idade, estes apresentavam alto índice de sobrevivência relativamente aos animais da mesma idade sedentários. Da mesma forma, é conhecido que a intensidade do exercício também promove certo nível de estresse e propicia efeitos danosos no organismo quando esta ultrapassa a sua capacidade de assimilação. Ou seja, pequenas doses de exercício leve ou moderado são benéficas, enquanto doses exageradas de exercício intenso são malélicas.

Nesta revisão os efeitos do exercício físico e treinamento serão considerados como um caso típico de ajustamento hormético ao estresse do estímulo e não como adaptação. Essa crítica se justifica em função da adaptação ser empregada na Biologia de maneira muito diferente do observado no Esporte<sup>2,23</sup>. De fato, de acordo com estudos biológicos, a adaptação está associada à seleção natural e explica como a vida se modificou ao longo do tempo, sendo tais modificações resultantes de mutações gênicas irreversíveis ocorridas no DNA do organismo e transmitidas de uma geração a outra após passarem pelo crivo da seleção natural<sup>10</sup>. Portanto, nosso objetivo nesta revisão é mostrar que a adaptação é inadequada para explicar os efeitos induzidos no organismo pelo treinamento físico.

## Biologia e Adaptação

Adaptação e seleção natural são os dois principais conceitos da teoria da evolução<sup>11</sup>. Pode-se dizer que o efeito da seleção natural, isto é, a sobrevivência diferencial das entidades biológicas, é o de promover adaptação. Contudo, apesar da adaptação ser central na teoria darwiniana, esta não se encontra totalmente definida<sup>10</sup>. Uma opção é a que descreve a adaptação como a perfeita relação existente entre um organismo e seu ambiente,

ou pelo menos uma tendência a ela. Contudo, quando esta visão de adaptação é tomada como axioma ecológico e evolutivo, constata-se uma aplicação não verificável da teoria darwiniana<sup>10</sup>. Outro problema crítico é o seu caráter conservacionista. De fato, para Monod<sup>21</sup>, adaptação objetiva preservar o organismo e não modificá-lo.

Assim, verifica-se que desde a “Origem das Espécies” de Darwin dois grandes temas permeiam nossa explicação das características dos organismos: a genealogia, pela qual a explicação é encontrada na ancestralidade dos organismos, e a adaptação, pela qual é encontrada nas suas condições de vida. Pode-se dizer, portanto, que segundo a adaptação, os organismos mudam em função das respostas desencadeadas pelos estímulos oriundos do meio ambiente em que vivem. Entretanto, adaptação não é importante como característica individual. É fundamental para a evolução que as forças de seleção natural atuem sobre a variação genética da população em questão<sup>11</sup>.

Entretanto, nem todas as disciplinas biológicas utilizam a adaptação como a Biologia Evolutiva. De fato, na Fisiologia e Bioquímica, que são disciplinas altamente influentes no Esporte e Educação Física, adaptação é empregada com frequência para descrever ajustamentos fenotípicos de um organismo individual ao seu ambiente, como na aclimatação e aclimação. Outro aspecto importante envolvendo adaptação é a diferença com que as disciplinas sócio-culturais a utilizam como paradigma, relativamente à Biologia. De fato, se alguém se refere à adaptação no mundo não-biológico, está provavelmente se referindo à maneira com que um indivíduo muda seu comportamento a algumas condições ambientais – adaptação a um novo ambiente, novo competidor, novo trabalho. Portanto, no sentido popular, adaptação se refere ao estado de ajustamento aos eventos imediatos que ocorrem no meio ambiente e que o perturbam<sup>26</sup>.

Moran<sup>22</sup> defende que devemos diferenciar os conceitos adaptação e ajustamento, sendo que o primeiro deve ser empregado quando as mudanças estrutural-funcionais ocorrerem de forma irreversíveis com possibilidades de transmissão para outras gerações devido ao seu valor adaptativo para a espécie. No caso

dos indivíduos, que podem ter seu fenótipo alterado pela exposição aos estímulos ambientais, que são por meio de ajustamentos morfológico-funcionais, devemos fazer distinção entre ajustamentos reguladores, de aclimação, de aclimatação e de desenvolvimento<sup>22</sup>.

As respostas reguladoras do organismo, frente aos estímulos ambientais, ocorrem de forma rápida e refletem a sua flexibilidade fisiológica e comportamental<sup>25</sup>. Pode-se dizer que quase todo tipo de comportamento é uma forma de resposta reguladora que serve para manter certa estabilidade do organismo no meio ambiente ou, que permite um ajuste às mudanças momentâneas ocorridas no mesmo. As estratégias culturais de vestuário e abrigo, por exemplo, estão entre os mecanismos reguladores mais comuns que aumentam as possibilidades humanas de sobrevivência com relativo bem estar em ambientes variados. Por outro lado, as respostas de aclimação individuais levam mais tempo para entrar em operação, pois exigem mudanças na estrutura do organismo. Para ocorrerem é preciso de estímulos externos por um período de tempo suficiente e são geralmente reversíveis quando cessa a situação que produziu a alteração orgânica ou celular.

Apesar de Moran<sup>22</sup> utilizar como exemplo de aclimação os efeitos do exercício físico praticado regularmente, porque os mesmos são decorrentes de prática razoavelmente prolongada e reversíveis, os autores acreditam que para essa forma particular de ajuste deve-se elaborar uma nova denominação, porque aclimação sugere efeitos naturais ou do clima, por exemplo, induzidos artificialmente nos organismos. De fato, segundo Randall et al.<sup>24</sup> aclimação se diferencia da aclimatação apenas por estar envolvida no segundo caso, mudança ambiental natural, enquanto que no primeiro, os estímulos não são naturalmente propiciados ao organismo.

As respostas de desenvolvimento são irreversíveis e ocorrem durante o crescimento e desenvolvimento do indivíduo. Estas respostas são ajustamentos do organismo às condições ambientais que predominam durante o período de desenvolvimento. É durante esse período que o organismo humano é capaz de se moldar às condições ambientais predominantes. Por exemplo, uma criança cujo crescimento se dê em altitudes

elevadas desenvolverá pulmões mais dilatados e uma maior capacidade torácica para se ajustar às condições gerais de baixa tensão de O<sub>2</sub> existente no local. Passado o período de crescimento, ninguém conseguirá desenvolver uma maior caixa torácica neste ambiente. Portanto, depreende-se das afirmações de Randall et al.<sup>24</sup>, Moran<sup>22</sup>, Monod<sup>21</sup> e Richlefs<sup>25</sup> que não é correto afirmar que o atleta e o indivíduo comum se adaptam no processo de treinamento físico ou a qualquer mudança momentânea do meio ambiente.

Um outro problema é a freqüente associação que se faz entre adaptação e destreinamento (reversibilidade da condição física). Como a adaptação é um conceito biológico que se refere a processos de mudanças lentas e irreversíveis, e geralmente decorrentes de mutações gênicas, torna-se sem sentido a associação da reversibilidade ou destreinamento com esse conceito. Desta forma, o conceito adaptação baseado em Selye ou em Darwin, não pode ser utilizado para explicar as mudanças estrutural-funcionais ocorridas no organismo devidas ao treinamento físico. É, portanto, mais certo dizer que as alterações fenotípicas decorrentes do treinamento físico são resultantes de ajustamentos do organismo a esse tipo de estímulo, tendo por paradigma o efeito hormético de estímulos estressantes previamente descrito.

### Antropologia e Adaptação

A adaptação é também muito importante para a Antropologia Biológica que tem a teoria da evolução de Darwin como paradigma<sup>13</sup>. Contudo, segundo a Antropologia, os mecanismos de adaptação biológica e cultural não agem isolados, mas interagem constantemente para possibilitar a adaptação em longo prazo das populações humanas aos diferentes ambientes existentes no planeta<sup>17</sup>. Por exemplo, quando os seres humanos passaram a consumir alimentos com densidade calórica maior, como a carne e carboidratos, estes modificaram sobremaneira as suas características biológicas e sócio-culturais<sup>18</sup>. De fato, por apresentar maior densidade protéica do que os vegetais, a ingestão de carne diminuiu a dois terços, tanto a quantidade ingerida de alimentos como o tempo gasto em alimentação. Todavia, a caça,

que era inicialmente o principal meio de obtenção de carne, não pode prover uma população em crescimento em um local circunscrito. Para os caçadores a escolha foi implacável: a fome ou o nomadismo<sup>3</sup>. Segundo estudos antropológicos, a adoção da segunda opção pode ter sido o grande responsável pelo surgimento das raças.

As diferenças biológicas entre grupos humanos são expressas nas raças, significando não poderem ser alteradas em curto prazo mediante simples mudanças de hábitos ou habitats. A cor da pele é um exemplo<sup>3</sup>. Assim, de acordo com a Antropologia biológica, a constituição das raças decorreu de mudanças lentas e progressivas na constituição dos seres humanos, sendo, portanto, mudanças adaptativas. Assim, ao se estudar no Esporte as diferenças de rendimento físico apresentadas por diversas raças, fazem com isso, o único tipo de estudo envolvendo adaptação e rendimento físico nesta área<sup>12</sup>.

O termo raça se aplica a grupos biologicamente distintos que possuem uma grande percentagem de genes comuns. Ou seja, grupos raciais definidos são diferentes genotipicamente. O termo étnico é normalmente utilizado no lugar de raça, mas este se refere a grupos culturais distintos, ou seja, um grupo que possui características sócio-culturais comuns. Portanto, raça é um conjunto de indivíduos na população humana que compartilham características genéticas ancestrais. Contudo, como existe a possibilidade de fluxo genético entre populações devido à diminuição de barreiras culturais e migração, isso torna o conceito de raça bastante limitado porque se descobriu que as diferenças genéticas são muito pequenas entre as diversas raças existentes<sup>4</sup>.

Com relação ao rendimento físico de diferentes raças, a mais estudada foi a negra, principalmente os afro-americanos<sup>29</sup>. Os resultados obtidos sintetizados abaixo mostram que estes são considerados superiores em várias modalidades de velocidade do atletismo. Alguns dados expostos a seguir justificam essa afirmação<sup>9,19</sup>: 1. Os mesmos possuem desenvolvimento motor avançado comparado com crianças brancas durante os dois primeiros anos de vida e a diferença torna-se ainda maior na adolescência; 2. As evidências apontam para a velocidade de movimento e não para o tempo de reação, como responsável

pela maior velocidade de negros relativamente aos brancos em idade escolar; 3. Negros possuem melhor rendimento do que brancos no salto em distância parado e no salto vertical; 4. Garotos negros do mesmo padrão sócio-cultural e idade possuem melhor rendimento físico do que mexicanos e brancos americanos.

As características de afro-americanos previamente relatadas favorecem a eles uma grande presença em esportes que necessitam de curtos períodos de velocidade, saltos, agilidade e mudança de direção<sup>27</sup>. Por outro lado, são medíocres em atividades físicas prolongadas e quando se examinam movimentos que envolvem a porção superior do corpo, os mesmos representam apenas 2% do total de campeões masculinos e femininos em modalidades como os arremessos. Um dado interessante é o de que quando se compara a potência muscular entre os grupos afro-americanos e americanos caucasóides, estes apresentam relações similares, mas para a força, a tendência é maior nos músculos de membros inferiores de afro-americanos<sup>1</sup>. Assim, pode-se concluir que os afro-americanos são mais eficientes em atividades de velocidade do atletismo, por exemplo, porque seus membros inferiores possuem constituição adequada às exigências físicas destas atividades. Contudo, o mesmo não se aplica às atividades velozes do atletismo que envolvem os membros superiores.

Existem alguns dados que explicam o porque de afro-americanos serem bons e ruins, respectivamente em modalidades de velocidade envolvendo os membros inferiores e potência aeróbia<sup>27,32</sup>. Primeiro, afro-americanos sedentários originários da África central e ocidental possuem no vasto lateral grande percentagem de fibras do tipo II e alta capacidade metabólica anaeróbia, relativamente a caucasianos sedentários. De fato, observou-se em teste realizado em músculos dos membros inferiores de afro-americanos sedentários que estes possuem menor capacidade oxidativa nas suas fibras musculares comparado com caucasianos. Segundo, afro-americanos apresentam menor pH intramuscular no repouso e durante a contração muscular e demonstram ainda alta relação Pi/PCr durante o exercício em "steady state". (PCr = fosfocreatina e Pi = fosfato inorgânico).

Baixo pH intramuscular e alta relação Pi/PCr nos músculos de membros inferiores durante o exercício são indícios de grande proporção de fibras do tipo II no músculo esquelético. Por outro lado, atletas treinados aerobiamente comparados com não-atletas, são caracterizados por alto pH no repouso e em igual intensidade relativa de exercício. Portanto, afro-americanos utilizam mais a via anaeróbia de produção de energia e menos a via aeróbia comparados com caucasianos. Além disso, a relação PFK-I/a-acetoglutato desidrogenase é alta nos músculos do quadríceps de afro-americanos, indicando que carboidratos parecem ser o substrato energético preferido durante o exercício físico. (PFK-I = fosfofrutoquinase-I).

A alta razão Pi/PCr observada durante o exercício em "steady state" praticado por afro-americanos pode indicar redução na capacidade mitocondrial na regeneração aeróbia do ATP. De fato, a razão Pi/PCr é inversamente proporcional à atividade da citrato sintase; portanto, os caucasianos possuem mais desta enzima por g de tecido muscular do que africanos. Isto dirige a produção de energia mais para a via aeróbia em músculos de caucasianos, sendo que a menor razão Pi/PCr encontrada em seus músculos durante o exercício pode significar maior produção de energia por processos aeróbios. Além disso, afro-americanos homens, semelhantes a caucasianos em relação à idade, nível de atividade física e índice de massa magra demonstram menor VO<sub>2</sub> de pico durante o exercício envolvendo membros inferiores, o que torna a produção de energia por processos oxidativos menos eficiente nestes indivíduos.

Apesar de afro-americanos demonstrarem superioridade na velocidade sabe-se de longa data que negros africanos da região oriental (Quênia e Etiópia) são superiores em atividades prolongadas. De fato, Abebe Bikila (1960) foi o primeiro negro a ganhar a medalha de ouro olímpica em provas de longa distância, ganhando-a novamente em 1964. Negros sul-africanos correspondem a 20% do total de corredores competitivos neste país, mas dominam em 90% as provas entre 5 a 56 km, colocando-se em 42 posições nas primeiras 50 na meia maratona, e em 34 das 50 primeiras na maratona em 1988. Em contraste, corredores brancos dominam

distâncias curtas e médias neste país. De fato, brancos contribuem com 42 posições nas 50 primeiras nos 800 m e 41 posições iniciais na milha. Na tabela abaixo se observa esse fenômeno mais detalhadamente<sup>27</sup>.

	MILHA	3 KM	5 KM	10 KM	21,1KM
<b>Branco</b>	3:56	7:57	13:55	29:38	67:19 (min)
<b>Negro</b>	4:04	8:07	13:43	28:33	62:39 (min)

Alguns dados encontram-se descritos abaixo para explicar porque brancos e negros diferem nos seus rendimentos físicos previamente relatados<sup>32</sup>.

1. Os dois grupos mantêm a intensidade (%VO<sub>2</sub>MAX) até 5 km. Nas distâncias superiores a 5 km, negros conseguem manter uma percentagem maior do VO<sub>2</sub>MAX;
2. Apesar de os grupos treinarem com volumes idênticos, negros conseguem completar no seu treino exercícios com intensidades superiores aos brancos;
3. Comparando-se corredores quenianos com atletas não descendentes de africanos, foi constatado que os primeiros altamente treinados em longas distâncias possuem altos valores de VO<sub>2</sub>max (79,9 ml/kg/min), mas isso não significa valores muito maiores aos apresentados por corredores escandinavos (79,2 ml/kg/min);
4. Em um estudo com o corredor Kip Keino, verificou-se que este utiliza a totalidade do seu VO<sub>2</sub>MAX na corrida de 5 km e, acima de 97-98% do VO<sub>2</sub>MAX, na corrida de 10 km<sup>16</sup>;
5. Portanto, a sustentação de altas percentagens de VO<sub>2</sub>MAX por africanos durante eventos prolongados não se relaciona com diferenças no VO<sub>2</sub>MAX e ventilação máxima, mas com a utilização adequada de suas capacidades máximas durante sessões de treinamento e competições;
6. Foi demonstrado que negros da África do Sul apresentam grande resistência à fadiga, acúmulo menor de lactato e alta atividade de enzimas oxidativas no músculo esquelético dos membros inferiores.

7. A enzima 3-hidroxiacil-CoA-desidrogenase (b-oxidação) apresenta atividade superior em 20-50% em músculos de quenianos, comparada com caucasianos;

8. Mesmo com o incremento progressivo na intensidade do exercício, africanos acumulam lactato em menor velocidade do que corredores brancos. Apresentam também, durante o exercício, menor quociente respiratório relativamente aos brancos submetidos ao mesmo tipo de esforço físico.

Estes estudos antropológicos envolvendo raça e desempenho físico mostram que populações negras originárias da África Ocidental, como os afro-americanos, ou originários da África Oriental, possuem a tendência de apresentarem rendimentos físicos diferenciados, devido aos fatos abordados acima.

## Conclusão

O treinamento físico se baseia principalmente no conceito de adaptação para explicar as modificações de rendimento físico impostas pelo mesmo. Contudo, existem muitos aspectos discutidos nesta revisão referentes ao mesmo que compromete o seu emprego na área do Esporte. Em função disso, o organismo ao se submeter ao processo de treinamento físico sofre ajustes e não adaptações, que resultam como consequência, em elevação no seu rendimento físico. Estes ajustes podem ser encontrados nas mudanças ocorridas, por exemplo, no metabolismo celular. Ressalta-se que adaptação é um conceito que somente pode relacionar-se ao Esporte quando este se associa à Antropologia Biológica no estudo dos diferentes desempenhos físicos apresentados pelas raças existentes.

## Referências

1. Abe, T. et al. Architectural characteristics of muscle in black and white college football players. **Med Sci Sport and Exerc** 1999;31:1448-1452.
2. Booth, F e Thomason, D. Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspectives of various models. **Physiol Rev** 1991;71:541-585.
3. Bronowski, J. **A escalada do homem**. Brasília: UNB, 1983.p. 1-448
4. Bouchard, C. Genetic basis of racial differences. **Can J Sport Sci** 1988;13:104-1108.
5. Calabrese, E.J. Hormesis: changing view of the dose-response, a personal account of the history and current status. **Mut Res.** 2002;511:181-189.
6. Calabrese, E.J. Overcompensation stimulation: a mechanism for hormetic effects. **Crit Rev Toxicol.** 2001;31:425-470.
7. Calabrese, E.J. e Baldwin, L.A. Hormesis: U-shaped dose responses and their centrality in toxicology. **Trends Pharmacol Sci.** 2001;22:265-291.
8. Edington, DW. et al. Exercise and longevity: evidence for a threshold of age. **J Gerontol** 1972;27:341-343.
9. Fields, D.A. et al. The influence of muscle group location and race on the relationship between muscle strength and power. **J Sport Med Phys Fitness** 1997;37:24-31.
10. Foley, R. **Somente mais uma espécie única**. São Paulo: EDUSP, 1993. p.1-363
11. Futuyma, D. **Biologia evolutiva**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. p.1-631
12. Himes, J.H. Racial variation in physique and body composition. **Can J Sport Sci** 1988;13:117-126.
13. Hochachka, P.W. e Somero, G.N. **Biochemical adaptation**. New Jersey: Princeton University Press, 1984. p.1-521.
14. Jerman, P.K. Biological effects of low-level environmental agents. **Med. Hypoth.** 2000;54:685-688.
15. Ji, L.L. Exercise-induced modulation of antioxidant defenses. **Ann. N.Y.Acad.Sci.** 2002;959:82-92.
16. Larsen, H.B. Kenyan dominance in distance running. **Comp Biochem Physiol** 2003;136:161-170.
17. Leakey, R.E e Lewin, R. **O povo do lago**. Brasília: UNB, 1988. p.1-257.
18. Leonard, W.R. Alimentos e evolução humana. **Sci Am (Brasil)**. 2003;8:74-83.
19. Malina, R.M. Racial/ethnic variation in the motor development and performance of american children. **Can J Sport Sci** 1988;13:136-143.
20. Masoro, E.J. Dietary restriction and longevity extension as a manifestation of hormesis. **Hum Ecol Risk Assess** 2000;6:273-279.
21. Monod, J. **Acerca da teoria molecular da evolução**. In: Harre (Org.). Problemas da revolução científica. Itatiaia, 1976. p.27-41
22. Moran, E. **Adaptabilidade humana**. São Paulo: EDUSP, 1994. p.21-43
23. Manso, J.M.G. et al. **Bases teóricas del entrenamiento deportivo**. Madrid: Gymnos, 1996.
24. Randall, D. et al. **Eckert animal physiology: mechanisms and adaptations**. USA: Freeman & Co., 1997. p.1-722
25. Ricklefs, R. **Ecology**. Portland: Oregon, 1973.
26. Ridley, M. **Evolution**. Oxford: Oxford Riders, 1997.p. 1-430
27. Samsom, J e Yerlés, M. Racial differences in sports performance. **Can J Sport Sci** 1988;13:109-116.
28. Selye, H. **The stress of life**. New York: McGraw-Hill, 1956. p.1-324
29. Suminski, R.R. et al. Influence of racial origin and skeletal muscle properties on disease prevalence and physical performance. **Sports Med** 2002;32:667-673.
30. Verkoshanski, J.U. La adaptacion a largo plazo. **Stadium** 1992;153:3-10.
31. Viru, A. Early contributions of Russian stress and exercise physiologists. **J Appl Physiol** 2002;92:1378-1382.
32. Weston, A.R. et al. African runners exhibit fatigue resistance, lower lactate accumulation, and higher oxidative enzymes activity. **J Appl Physiol** 1999;86:915-923.