

Artigo original

Máxima oxidação de gorduras em bombeiros da polícia militar do Paraná: análise da correlação entre o consumo máximo de oxigênio e o quociente respiratório não-protéico

Maximal fat oxidation in recruits of the fire department military police of Parana: analysis of the correlation between the maximal oxygen consumption and non-protein respiratory quotient

Denis Bruno Ranzani*, Francisco Navarro**

*Aluno do curso de Pós-Graduação "Lato-Sensu" da Universidade Gama Filho – Fisiologia do Exercício: Prescrição de Exercício (à distância) e Sargento do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná, **Coordenador e Professor dos Cursos de Pós-Graduação "Lato-Sensu" em Fisiologia do Exercício: Prescrição de Exercício, Obesidade e Emagrecimento e Nutrição Esportiva da Universidade Gama Filho

Resumo

Introdução: Com a hipótese de que a intensidade do exercício é essencial para a regulação do catabolismo de lipídios, o objetivo deste estudo foi estimar a intensidade onde ocorre a máxima oxidação de gorduras, através da análise da correlação entre o VO_{2max} e o QR_{np} , via cálculo linear. **Material e métodos:** Foram avaliados 45 homens saudáveis, sendo aplicado o teste de 12 minutos (protocolo de Cooper), para obtermos o VO_{2max} . A oxidação de substrato foi estimada por meio de cálculos, com base nos valores de combustão das gorduras para o QR_{np} . **Resultados e discussão:** A intensidade de pico de oxidação de gorduras foi em média $50,6\% \pm 2,1\%$ do VO_{2max} ($QR_{np} 0,89 \pm 0,005$). A zona de máxima oxidação de gorduras ficou entre $33,7\% \pm 6,2\%$ e $67,0\% \pm 6,3\%$ do VO_{2max} . O coeficiente de correlação foi ($r = 1$). Confrontando com outros estudos, o percentual de diferença das intensidades de pico de oxidação de gorduras foi $-1,0\%$ ($50,6\%$ vs. $50,1\%$) e das zonas de máxima oxidação de gorduras foram $-2,1\%$ ($33,7\%$ vs. $33,0\%$) e $-3,0\%$ ($67,0\%$ vs. $65,0\%$). **Conclusão:** Os resultados foram consistentes quando comparados a outros experimentos, podendo este método ser aplicado numa vasta população.

Palavras-chave: oxidação de gorduras, consumo de oxigênio, quociente respiratório não-proteico, cálculo linear.

Abstract

Introduction: With the hypothesis that exercise intensity is essential for the regulation of lipid catabolism, the objective of this study was to estimate the intensity where occurs the maximal fat oxidation, by analyzing the correlation between VO_{2max} and the QR_{np} , by linear calculation. **Material and methods:** We evaluated 45 healthy men, and applied the 12-minute test protocol (Cooper) to obtain VO_{2max} . The substrate oxidation was estimated by calculation based on values for the combustion of fat QR_{np} . **Results and discussion:** The intensity of peak fat oxidation averaged $50.6\% \pm 2.1\%$ of VO_{2max} ($QR_{np} 0.89 \pm 0.005$). The zone of maximal oxidation of fat was between $33.7\% \pm 6.2\%$ and $67.0\% \pm 6.3\%$ VO_{2max} . The correlation coefficient was ($r = 1$). Comparing with other studies, the percentage difference of intensities of peak fat oxidation was -1.0% (50.6% vs. 50.1%) and areas of maximal fat oxidation were -2.1% (33.7% vs. 33.0%) and -3.0% (67.0% vs. 65.0%). **Conclusion:** Results were consistent when compared to other experiments; this method can be applied to a large population.

Key-words: fat oxidation, oxygen consumption, respiratory quotient non-protein, linear calculation.

Recebido em 16 de novembro de 2010; aceito em 8 de fevereiro de 2011.

Endereço para correspondência: Denis Bruno Ranzani, Rua Conrado Schiffer 350/22 – Bl. 01, Estrela 84050-280 Ponta Grossa PR, Tel: (42) 3028-4254, E-mail: profefdenis@yahoo.com.br

Introdução

A obesidade é um grave problema de saúde pública em países industrializados [1] e, quando inicia na infância, a probabilidade do adulto ser obeso é três vezes maior [2].

Caracterizada pelo excesso de tecido adiposo [3], usualmente acima de 25% para os homens e acima de 32% para as mulheres [4], a obesidade tem como causa a deficiência na utilização de gorduras como substrato energético [5], principalmente, pela carência de atividade física [6].

Nesse sentido, a prática de exercícios físicos pode ser capaz de compensar esta diminuição da capacidade de oxidar gorduras [5], pois, o exercício físico está associado à redução na gordura corporal total de uma maneira dose-resposta [1]. Entretanto, a escolha mais adequada da intensidade do exercício físico para indivíduos acima do peso ainda é um desafio [7].

Com o intuito de avaliar tal intensidade, a utilização da calorimetria indireta fornece evidência convincente acerca de sua validade em estimar o metabolismo energético [2]. Pois, supondo-se que a permuta de oxigênio e dióxido de carbono medida nos pulmões reflete a troca gasosa real do catabolismo dos nutrientes na célula, a aplicação do quociente respiratório (QR) em condições de exercício físico com ritmo estável é razoavelmente válida [2], por fornecer uma estimativa aceitável das proporções de carboidratos e lipídios que estão sendo oxidados [8].

Julgando que as reações que liberam energia no organismo são dependentes da utilização do oxigênio, nesse caso, poderemos estimar indiretamente o metabolismo energético ao conhecer o consumo de oxigênio (VO_2) durante a prática de exercícios físicos em ritmo estável [2].

Contudo, a utilização da calorimetria indireta para a mensuração do dispêndio energético pode ser inadequada para sua aplicação numa ampla população, como em academias, devido ao alto custo dos equipamentos, espaço, tempo e pessoal especializado para a administração do protocolo.

Portanto, o objetivo deste estudo foi estimar a intensidade relativa do exercício onde ocorre a máxima oxidação de gorduras em quarenta e cinco recrutas do Corpo de Bombeiros, através da análise da correlação entre o consumo máximo de oxigênio e o quociente respiratório não-proteico (QR_{np}), via cálculo linear.

Material e métodos

O presente estudo está em conformidade com a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, tendo o Comando do 2º Grupamento de Bombeiros autorizado a utilização dos dados para o referido estudo.

- *Sujeitos:* Quarenta e cinco recrutas do gênero masculino (idade, 24 ± 3 anos), fisicamente ativos, foram submetidos a um teste de aptidão física no curso de formação de soldados bombeiro militar. Nenhum dos participantes tinha alguma doença evidente e não estava em tratamento com dietas ou medicamentos.

- *Biometria:* A massa corporal e a estatura foram mensuradas com a balança mecânica antropométrica e estadiômetro da marca Welmy. Cada indivíduo permaneceu sobre a balança com o mínimo de vestimentas, descalços, na posição ortostática, de costas para o avaliador, calcanhares unidos e os braços relaxados, executando uma inspiração forçada, com a cabeça posicionada de acordo com o plano de Frankfurt [9].

- *Avaliação da composição corporal:* Na composição corporal, a densidade corporal (D_c) foi estimada a partir do protocolo de sete dobras cutâneas (DC): peitoral, abdômen, coxa, tríceps, subescapular, supra-ílica e axilar média, de Jackson e Pollok [1], através do plicômetro da marca Cescorf e modelo científico, onde:

$$D_c = 1,112 - 0,00043499 \cdot (\Sigma \text{ sete DC}) + 0,00000055 \cdot (\Sigma \text{ sete DC})^2 - 0,00028826 \cdot (\text{idade})$$

Enquanto que o percentual de gordura corporal (%GC) foi calculado pela equação de Siri [1]:

$$\% \text{ GC} = (495 \cdot D_c^{-1}) - 450$$

- *Avaliação do consumo máximo de oxigênio:* O $VO_{2\text{máx}}$ foi estimado através de teste de campo, utilizando-se o protocolo de doze minutos de Cooper [9], onde:

$$VO_{2\text{máx}} (\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = (\text{Distância percorrida em metros} - 504) \cdot 45^{-1}$$

Em repouso foram aferidas a pressão arterial e a frequência cardíaca com o aparelho digital da marca fitness, modelo MF-34. Nos cinco minutos precedentes ao teste foi realizado aquecimento.

- *Elaboração da planilha de cálculo:* para desenvolvermos a planilha de cálculo, a presente pesquisa partiu do pressuposto que a calorimetria indireta, que é uma técnica não invasiva, utilizada para estimar a participação dos carboidratos e gorduras no metabolismo energético durante o exercício físico em estado estável, através do QR [10], poderia ser reproduzida pela correlação entre o $VO_{2\text{máx}}$ e o QR_{np} .

Em razão disso, verificou-se que a utilização da molécula de gordura no metabolismo energético equivale ao QR_{np} 0,70, enquanto que a utilização da molécula de carboidrato equivale ao QR_{np} 1,00 [10].

Entretanto, o metabolismo humano utiliza uma combinação de substratos energéticos [11] e, para determinamos o valor de combustão dessa mistura de combustíveis, durante o repouso, consideramos que cada decilitro de sangue transportam aproximadamente 5 mL de oxigênio dos pulmões para os tecidos e eliminam aproximadamente 4 mL de dióxido de carbono dos tecidos para os pulmões [12].

Ponderando que a estimativa da contribuição dos carboidratos e das gorduras no metabolismo energético durante o exercício físico, através do QR, é expresso pela razão entre o dióxido de carbono produzido e o oxigênio consumido [10], então:

$$\text{Se, } QR = VCO_2 \cdot VO_2^{-1};$$

$$\text{Logo, } QR = 4 \cdot 5^{-1} = 0,80.$$

Outros estudos também corroboraram que na maioria das pessoas em repouso alimentadas com uma dieta mista é comum um valor de QR igual a 0,80 [11].

Para a realização dos cálculos ignoramos a contribuição da proteína na produção de energia, em virtude da utilização dos valores de combustão para o QR_{np}.

Sabe-se que o VO_{2repouso} equivale aproximadamente 3,5 mL.kg⁻¹.min⁻¹ [6], então, correlacionamos este com o QR_{np} 0,80, enquanto que os demais valores da reserva do consumo de oxigênio (VO₂R) foram ordenados em sequência linear a partir do QR_{np} 0,81.

Foi verificado que o VO₂ progride como uma função linear em relação à intensidade, até que o VO_{2máx.} seja atingido [10] e, que o QR aumenta linearmente a partir do repouso até o valor de 1,00 com o aumento do VO₂ [13].

Nesse projeto experimental, o coeficiente linear foi determinado através da razão entre o VO₂R pela diferença entre o QR_{np} 1,00 e o QR_{np} 0,80, multiplicado por 100, onde:
coeficiente linear = VO₂R . 20⁻¹

- **Tratamento estatístico:** o grau de correlação (r) entre o VO_{2máx.} e o QR_{np} foi apresentado em estatística analítica, pelo coeficiente de correlação produto-momento, ao passo que os dados coletados e os resultados foram descritos de forma sumária através da média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação (%) e função máximo.
- **Interpretação dos dados:** o pico de oxidação de gorduras foi determinado com a função máximo, que retorna o maior valor num intervalo de dados da planilha de cálculo e a zona de máxima oxidação de gorduras foi estabelecida através de um conjunto de valores, que não tiveram diferença entre si, até a primeira casa decimal.

Resultados

A Tabela I apresenta os parâmetros físicos e composição corporal de 45 recrutas.

Tabela I - Parâmetros físicos e composição corporal dos recrutas do Corpo de Bombeiros, 2010.

Variáveis	Média (n = 45)	Desv. Pad.	Varição (%)
Idade (anos)	24	± 3	12,5
Massa Corporal (kg)	74	± 9,3	12,6
Estatura (cm)	178	± 5	2,8
IMC (kg.m ⁻²)	23,3	± 2,3	9,9
Massa Gorda (%)	13,8	± 5,2	37,7
Massa Gorda (kg)	10,6	± 4,9	46,2
Massa Livre de Gordura (kg)	63,4	± 5,7	9
VO _{2máx.} (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	49,9	± 4	8
VO _{2máx.} (L.min ⁻¹)	3,69	± 0,5	13,5

Valores expressos em média ± desvio padrão, com o coeficiente de variação (%).

A Tabela II apresenta os resultados para a oxidação de gorduras através da correlação entre o VO_{2máx.} e o QR_{np}.

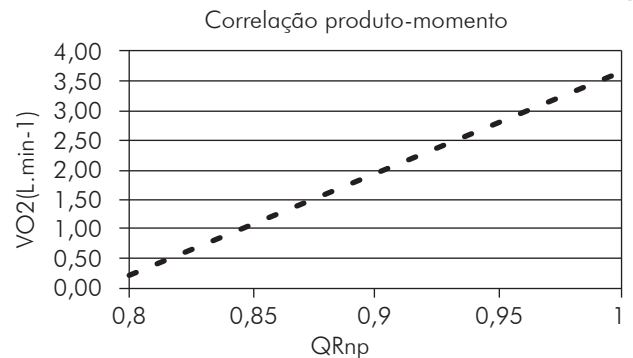
Tabela II - A máxima oxidação de gorduras obtida na correlação entre o VO_{2máx.} e o QR_{np}.

Variáveis	Média (n = 45)	Desv. Pad.	Varição (%)
Pico de oxidação de gorduras (% VO _{2máx.})	50,6	± 2,1	4,2
Zona de oxidação de gorduras, limite inferior (% VO _{2máx.})	33,7	± 6,2	18,4
Zona de oxidação de gorduras, limite superior (% VO _{2máx.})	67,0	± 6,3	9,4
QR _{np} do pico de oxidação de gorduras	0,89	± 0,005	0,6
Velocidade de oxidação de gorduras (g.min ⁻¹)	0,35	± 0,05	14,3

Fonte: Elaborado pelo autor.

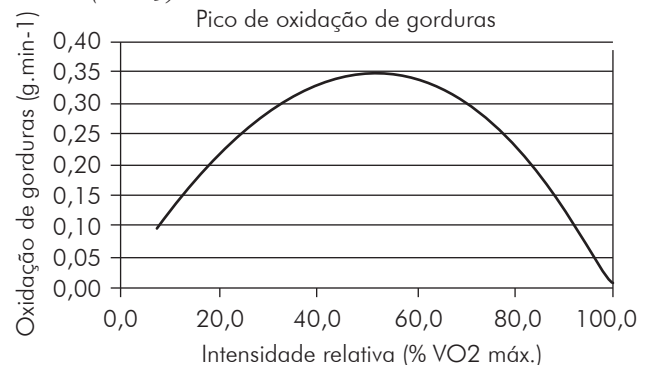
Resultados expressos em valores médios ± desvio padrão e coeficiente de variação (%).

Figura 1 - Progressão linear do VO₂ absoluto em função do QR_{np}.



A Figura 1 demonstra o coeficiente de correlação produto-momento entre o VO_{2máx.} absoluto e o QR_{np}. Conseguiu-se uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis (r = 1), ou seja, todos os pontos no gráfico de dispersão caem exatamente numa linha reta.

Figura 2 - Velocidade de oxidação de gorduras vs. intensidade do exercício (n = 45).



A Figura 2 demonstra a relação entre a taxa de oxidação de gorduras e a intensidade do exercício, expressa em percentual do $VO_{2\text{máx}}$, em recrutas do Corpo de Bombeiros. Com o aumento da intensidade do exercício, a taxa de oxidação de gorduras aumentou para $0,35 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1} \pm 0,05$ em $50,6 \pm 2,1\%$ do $VO_{2\text{máx}}$, onde, acima dessa intensidade ocorreu a queda na taxa de oxidação.

A zona de máxima oxidação de gorduras ficou situada entre $33,7 \pm 6,2$ a $67,0 \pm 6,3\%$ do $VO_{2\text{máx}}$. O QR_{np} foi em média $0,89 \pm 0,005$, no pico de oxidação de gorduras. Na intensidade média, onde as taxas de oxidação de gorduras foram máximas, a contribuição relativa de oxidação de gorduras para o dispêndio energético foi de $34,6 \pm 1,6\%$.

Discussão

A seleção de combustível durante o exercício físico é dependente de diversos fatores, entretanto, a intensidade do exercício é um fator determinante. Quando a intensidade do exercício aumenta, o valor do QR aumenta concomitantemente [14], diminuindo a contribuição das gorduras como fonte de energia [10].

Esse aumento do QR ocorre à medida que a produção do volume de CO_2 aumenta desproporcionalmente em relação ao consumo de O_2 [11], causando o acúmulo de íons de hidrogênio (H^+) e, conseqüentemente, a diminuição do pH dos líquidos corporais e assim, podendo alterar a velocidade das reações metabólicas controladas por enzimas [10].

A teoria do *cruzamento* conceitua os efeitos da intensidade do exercício sobre o equilíbrio do metabolismo de carboidratos e lipídios durante o exercício prolongado [15].

Quando a intensidade do exercício aumenta além do ponto de cruzamento, ocorre um desvio gradativo do catabolismo das gorduras para o catabolismo dos carboidratos, devido principalmente, ao recrutamento das fibras rápidas, com o respectivo aumento das enzimas glicolíticas e pelo aumento do nível sérico de adrenalina [10].

Nossos resultados, no que diz respeito à intensidade do exercício e a oxidação do substrato, são consistentes com a teoria do *cruzamento*, já que os lipídios forneceram um pouco mais da metade da energia durante o exercício de baixa intensidade, mas, com o aumento da intensidade do exercício, a participação relativa de lipídios diminuiu, enquanto que a participação de carboidratos aumentou.

Em comparação com a tendência central da população apresentada na tabela III, o percentual de diferença entre as intensidades relativas médias do pico de oxidação de gorduras foi $-1,0\%$ ($50,6\%$ vs. $50,1\%$).

As maiores taxas de oxidação de gorduras geralmente são encontradas em exercícios com intensidades baixa a moderada (variação de $33,0\%$ a $65,0\%$ do $VO_{2\text{máx}}$) [16].

Então, confrontando as intensidades da zona de máxima oxidação de gorduras com os nossos resultados, obtivemos o percentual de diferença $-2,1\%$ ($33,7\%$ vs. $33,0\%$) e $-3,0\%$ ($67,0\%$ vs. $65,0\%$).

Tabela III - Intensidade relativa do exercício onde ocorre a taxa máxima de oxidação de gorduras.

Autores	População	% $VO_{2\text{máx}}$
Achten <i>et al.</i> [16]	Ciclistas moderadamente treinados	64,0
Achten <i>et al.</i> [17]	Homens treinados em endurance	62,5
Bogdanis <i>et al.</i> [7]	Homens sedentários com sobrepeso	40,1
	Mulheres sedentárias com sobrepeso	39,5
Deriaz <i>et al.</i> [18]	Homens obesos	42,0
Maffei <i>et al.</i> [5]	Meninos pré-púberes (I tercil: SDS IMC 2,25)	44,0
	Meninos pré-púberes (II tercil: SDS IMC 3,38)	49,0
	Meninos pré-púberes (III tercil: SDS IMC 4,59)	52,0
Pérez-Martin <i>et al.</i> [19]	Homens e mulheres com sobrepeso	33,3
	Homens e mulheres com peso normal	50,1
Riddell <i>et al.</i> [20]	Meninos (estágio de desenvolvimento: Tanner 1)	56,0
	Meninos (estágio de desenvolvimento: Tanner 2/3)	55,0
	Meninos (estágio de desenvolvimento: Tanner 4)	45,0
Steffan <i>et al.</i> [21]	Mulheres obesas e mulheres com peso normal	50,0
Stisen <i>et al.</i> [22]	Mulheres treinadas	53,0
	Mulheres não treinadas	56,0
Venables <i>et al.</i> [23]	Homens saudáveis	45,0
	Mulheres saudáveis	52,0
Tendência central das amostras:		50,1

As intensidades relativas das dezoito populações heterogêneas foram expressas em médias.

É interessante ressaltar que valores análogos ao do QR_{np} médio do pico de oxidação de gorduras ($0,89 \pm 0,005$) foram encontrados em outros dois estudos.

Em uma pesquisa das variações do QR, durante o exercício moderado ($47,4\%$ $VO_{2\text{máx}}$), em nove indivíduos saudáveis, com base na duração do exercício (30 minutos) e nas respostas metabólicas, foi alcançado o QR médio de $0,89 \pm 0,02$ após o nono minuto de exercício [24].

O QR médio de $0,89 \pm 0,07$ foi encontrado, também, durante a investigação da intensidade de pico de oxidação de gorduras em 55 indivíduos do sexo masculino treinados em endurance [17].

Nossos experimentos demonstraram ainda que o metabolismo de gorduras é um processo limitado em vários fatores

e que existe uma intensidade ideal para esta oxidação. Por exemplo, se um indivíduo com massa corporal de 65,9 Kg e $VO_{2\text{máx}}$ absoluto de $2,94 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, permanecesse em repouso durante 60 minutos, então, 66,6% do gasto calórico seria de gorduras (QR_{np} 0,80), mas seriam gastos apenas 66 Kcal. No entanto, se este indivíduo praticasse exercício físico durante o mesmo período de tempo, na intensidade de pico da oxidação de gorduras ($VO_{2\text{máx}}$, 49,3%), o percentual de utilização de gorduras diminuiria para 35,8% (QR_{np} 0,89), entretanto, o dispêndio energético subiria para 427 Kcal. Nesse caso, a velocidade de oxidação de gorduras durante o exercício, aumentaria em aproximadamente 3,5 vezes do valor em repouso.

Analisando-se o exemplo acima, verificamos que o VO_2 do exercício determinou o dispêndio energético global. Enquanto que o QR_{np} estabeleceu a quantidade de substratos energéticos que estavam sendo oxidados.

Foi verificado, também, que o VO_2 é diretamente proporcional à velocidade de oxidação de gorduras, enquanto que o QR_{np} é inversamente proporcional.

Assim, parece existir um *ponto ideal* na correlação entre o VO_2 e o QR_{np} para a velocidade máxima de oxidação de gorduras ($\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$).

Conclusão

Os resultados obtidos mostraram que a máxima utilização de gorduras durante o exercício ocorreu entre as intensidades de 33,7% e 67,0% do $VO_{2\text{máx}}$, enquanto que o pico de oxidação de gorduras aconteceu em 50,6% do $VO_{2\text{máx}}$ (QR_{np} 0,89).

As semelhanças dos resultados, quando comparados a outros experimentos, demonstraram que a correlação entre o $VO_{2\text{máx}}$ e o QR_{np} , através do cálculo linear, foi um eficiente instrumento para se estimar a intensidade onde ocorre a máxima oxidação de gorduras, podendo este método de baixo custo ser empregado numa extensa população.

Referências

1. ACSM. Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 7a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007.
2. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 4th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998.
3. ACSM. Manual do ACSM para avaliação da aptidão física relacionada à saúde. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2006.
4. Heyward VH, Stolarczyk LM. Avaliação da composição corporal aplicada. São Paulo: Manole; 2000.
5. Maffei C, Zaffanello M, Pellegrino M, Banzato C, Bogoni G, Viviani E, Ferrari M, Tatò L. Nutrient oxidation during moderately intense exercise in obese prepubertal boys. J Clin Endocrinol Metab 2005;90:231-36.

6. Åstrand PO, Rodahl K, Dahl HA, Strømme, SB. Tratado de fisiologia do trabalho: bases fisiológicas do exercício. 4a ed. Porto Alegre: Artmed; 2006.
7. Bogdanis GC, Vangelakoudi A, Maridaki M. Peak fat oxidation rate during walking in sedentary overweight men and women. Sports Sci Med 2008;7:525-31.
8. Maughan R, Gleeson M, Greenhaff PL. Bioquímica do exercício e do treinamento. São Paulo: Manole; 2000.
9. Marins JCB, Giannichi RS. Avaliação e prescrição de atividade física: guia prático. 3a ed. Rio de Janeiro: Shape; 2003.
10. Powers SK, Howley ET. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 3a ed. São Paulo: Manole; 2000.
11. Wilmore JH, Costill DL, Kenney WL. Fisiologia do esporte e do exercício. 4a ed. São Paulo: Manole; 2010.
12. Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiologia médica. 9a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1997.
13. Jeukendrup AE, Achten J. Fatmax: a new concept to optimize fat oxidation during exercise? Eur J Sport Sci 2001;1(5):1-5.
14. Lindholm A. What determines fuel selection in relation to exercise? Proceedings of the Nutrition Society 1995;54:275-82.
15. Brooks GA, Mercier J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. J Appl Physiol 1994;76(6):2253-61.
16. Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. Med Sci Sports Exerc 2002;34:92-7.
17. Achten J, Jeukendrup AE. Maximal fat oxidation during exercise in trained men. Int J Sports Med 2003;24:603-8.
18. Dériaux O, Dumont M, Bergeron N, Després J-P, Brochu M, Prud'homme D. Skeletal muscle low attenuation area and maximal fat oxidation rate during submaximal exercise in male obese individuals. Int J Obes Relat Metab 2001;25:1579-84.
19. Pérez-Martin A, Dumortier M, Raynald E, Brun JF, Fédoou C, Bringer J, Mercier J. Balance of substrate oxidation during submaximal exercise in lean and obese people. Diabets Metabolism 2001;27:466-74.
20. Riddell MC, Jamnik VK, Iscoe KE, Timmons BW, Gledhill N. Fat oxidation rate and the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation decreases with pubertal status in young male subjects. J Appl Physiol 2008;105:742-48.
21. Steffan HG, Elliot W, Miller WC, Fernhall B. Substrate utilization during submaximal exercise in obese and normal-weight women. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1999;80:233-39.
22. Stisen AB, Stougaard O, Langfort J, Helge JW, Sahlin K, Madsen K. Maximal fat oxidation rates in endurance trained and untrained women. Eur J Appl Physiol 2006;98:497-506.
23. Venables MC, Achten J, Jeukendrup AE. Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. J Appl Physiol 2005;98:160-7.
24. Toda K, Oshida Y, Tokudome M, Manzai T, Sato Y. Effects of moderate exercise on metabolic responses and respiratory exchange ratio (RER). Nagoya J Med Sci 2002;65:109-13.