ÁREA TEMÁTICA:

( ) COMUNICAÇÃO
( ) CULTURA
( ) DIREITOS HUMANOS E JUSTIÇA
( ) EDUCAÇÃO
( ) MEIO AMBIENTE
(X) SAÚDE
( ) TRABALHO
( ) TECNOLOGIA

MÁXIMA OXIDAÇÃO DE GORDURAS EM RECRUTAS DO CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ

RANZANI, Denis Bruno[1] (autor e apresentador)

RESUMO – 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 consumo máximo de oxigênio e o quociente respiratório não-protéico, via cálculo linear. Neste estudo, foram avaliados 45 homens saudáveis, sendo aplicado o teste de 12 minutos de Cooper (1982 citado por MARINS e GIANNICHI, 2003, p. 155-6) para obtermos o consumo máximo de oxigênio. A oxidação de substrato foi estimada por meio de cálculos, com base nos valores de combustão das gorduras para o quociente respiratório não-protéico. De acordo com os resultados dos cálculos, a intensidade de pico da oxidação de gorduras ficou em média 50,6% ± 2,1% do VO_{2max} (QR_{np} 0,89 ± 0,005). A zona de máxima oxidação de gorduras ficou entre 33,7% ± 6,2% e 67,0% ± 6,3% do VO_{2max}. Quando comparamos os resultados deste estudo com os resultados de outros experimentos, obtivemos o percentual de diferença entre as intensidades de pico de oxidação de gorduras de -1,0% (50,6% vs. 50,1%) e das zonas de máxima oxidação de gorduras de -1,2% (33,7% vs. 33,0%) e de -4,5% (67,0% vs. 65,0%). A partir desses dados, podemos concluir que em virtude da semelhança dos resultados entre os diversos estudos, este método de baixo custo pode ser empregado numa vasta população, quando o objetivo for determinar a intensidade ideal do exercício físico aeróbio para o emagrecimento.

PALAVRAS CHAVE – emagrecimento. consumo máximo de oxigênio. quociente respiratório.

[1] Professor especialista em fisiologia do exercício: prescrição do exercício. profefdenis@yahoo.com.br

Introdução

O presente estudo foi motivado pelos relatos de casos apresentados pelo Instituto Obeso Alerta, durante o II Simpósio em Atividade Física, Nutrição e Obesidade, promovido pelo Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa em 2009, estando o referido evento, vinculado ao projeto Emagrecendo com Saúde.

Atualmente, sabe-se que a obesidade é um grave problema de saúde pública em países industrializados (ACSM, 2007, p. 165) e quando inicia na infância, as probabilidades do adulto ser obeso são três vezes maiores (MCARDLE, KATCH e KATCH, 1998, p. 573).

Caracterizada pelo excesso de tecido adiposo (ACSM, 2006, p. 44), usualmente acima de 25% para os homens e acima de 32% para as mulheres (LOHMAN, 1992, citado por HEYWARD e STOLARCZYK, 2000, p. 4-5), a obesidade tem como causa a deficiência na utilização de gorduras como substrato energético (MAFFEIS e Colaboradores, 2005, p. 234, tradução nossa), principalmente, pela carência de atividade física (MAYER e THOMAS, 1967 citado por ÅSTRAND e Colaboradores, 2006, p. 349).

Nesse sentido, a prática de exercício físico pode ser capaz de compensar esta diminuição da capacidade de oxidar gorduras (MAFFEIS e Colaboradores, 2005, p. 234, tradução nossa), pois, o exercício físico está associado à redução na gordura corporal total de uma maneira dose-resposta (ACSM, 2007, p. 165). Entretanto, a escolha mais adequada da intensidade do exercício físico para indivíduos acima do peso ainda é um desafio (BOGDANIS, VANGELAKOUDI e MARIDAKI, 2008, p. 525, tradução nossa).

Com o intuito de avaliar tal intensidade, a utilização da calorimetria indireta fornece evidência convincente acerca de sua validade em estimar o metabolismo energético (MCARDLE, KATCH e KATCH, 1998, p. 140). 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 (MCARDLE, KATCH e KATCH, 1998, p. 142), por fornecer uma estimativa aceitável das proporções de carboidratos e lipídios que estão sendo oxidados (MAUGHAN, GLEESON e GREENHAFF, 2000, p. 28).

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 (MCARDLE, KATCH e KATCH, 1998, p. 135).

Contudo, a utilização da calorimetria indireta para a mensuração do dispêndio energético pode ser inadequada para sua aplicação numa ampla população, pois, devido ao alto custo dos equipamentos, espaço, tempo e pessoal especializado para a administração do protocolo, tal método fica restrito a clínicas e laboratórios.

Objetivos

Estimar a intensidade relativa do exercício físico aeróbio 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-protéico (QRnp), por intermédio de cálculo linear.

Proporcionar para a sociedade um método de avaliação física de baixo custo, capaz de estimar a intensidade ótima do exercício físico aeróbio para a máxima oxidação de gorduras.

Metodologia

SUJEITOS:

Quarenta e cinco recrutas do gênero masculino (idade, 24 ± 3 anos), fisicamente ativos, sendo que, nenhum dos participantes tinham alguma doença evidente e não estavam 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, onde, 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 conforme o plano de Frankfurt (MARINS e GIANNICHI, 2003, p. 36).

AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL:

Na composição corporal, a densidade corporal (Dc) foi estimada a partir do protocolo de sete dobras cutâneas (DC): peitoral, abdômen, coxa, tríceps, subescapular, supra-ilíaca e axilar média, de Jackson e Pollok (1985 citado pelo ACSM, 2007, p. 49), através do plicômetro da marca Cescorf e modelo científico, onde:

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

Enquanto que, o percentual de gordura corporal (%GC), foi calculado pela equação de Siri (1956 citado pelo ACSM, 2007, p. 50):

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

AVALIAÇÃO DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO:

O VO_{2max} foi estimado através de teste de campo, utilizando-se o protocolo de doze minutos de Cooper (1982 citado por MARINS e GIANNICHI, 2003, p. 155-6), onde:

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

Em repouso foram aferidos 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.

A tabela 1 apresenta os parâmetros físicos e composição corporal de 45 recrutas do Corpo de Bombeiros.

Tabela 1 - Valores expressos em média ± desvio padrão, com o coeficiente de variação (%).

Variáveis	Média (n = 45)	Desv. Pad.	Variação (%)
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
Gordura relativa (%)	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

Fonte: Avaliação física dos recrutas do Corpo de Bombeiros, 2010.

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 (POWERS e HOWLEY, 2000, p. 53), poderia ser reproduzida pela correlação entre o VO_{2max} e o QRnp.

Em razão disso, verificou-se que a utilização da molécula de gordura no metabolismo energético equivale ao QRnp 0,70, enquanto que, a utilização da molécula de carboidrato equivale ao QRnp 1,00 (POWERS e HOWLEY, 2000, p. 53).

Entretanto, o metabolismo humano utiliza uma combinação de substratos energéticos (WILMORE, COSTILL e KENNEY, 2010, p. 108) 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 (GUYTON e HALL,1997, p. 474).

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 a eliminação de dióxido de carbono e a captação de oxigênio (POWERS e HOWLEY, 2000, p.53), então:

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

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

Corroborado por Wilmore, Costill e Kenney (2010, p. 110), foi relatado que na maioria das pessoas em repouso alimentadas com uma dieta mista, é comum um valor de QR igual a 0,80.

Durante a realização dos cálculos, ignoramos a contribuição da proteína na produção de energia, em virtude da utilização dos valores de combustão para o QRnp.

Sabendo-se que o $VO_{2repouso}$ equivale aproximadamente 3,5 $mL.kg^{-1}.min^{-1}$ (ÅSTRAND e Colaboradores, 2006, p. 506), correlacionamos este com o QRnp 0,80, enquanto que os demais valores da reserva do consumo de oxigênio (VO_2R), foram ordenados em sequência linear a partir do QRnp 0,81.

Pois, foi observado que o VO_2 progride como uma função linear em relação à intensidade, até que o VO_{2max} seja atingido (POWERS e HOWLEY, 2000, p. 51) e, que o QR aumenta linearmente a partir do repouso até o valor de 1,00 com o aumento do VO_2 (JEUKENDRUP e ACHTEN, 2001, p. 2, tradução nossa).

Nesse projeto experimental, o coeficiente linear foi determinado através da razão entre o VO_2R pela diferença entre o QRnp 1,00 e o QRnp 0,80, multiplicado por 100, onde:

coeficiente linear = $VO_2R \cdot 20^{-1}$

TRATAMENTO ESTATÍSTICO:

O grau de correlação (r) entre o VO_{2max} e o QRnp foi mensurado através do coeficiente de correlação produto-momento de Pearson, ao passo que, os dados coletados e os resultados foram descritos de forma sumária através da média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação (%) e das funções máximo e mínimo.

INTERPRETAÇÃO DOS CÁLCULOS:

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

O grau de correlação induzido pela utilização do coeficiente linear $VO_2R \cdot 20^{-1}$ foi perfeita positiva ($r = 1$), onde, todos os pontos no gráfico de dispersão caíram exatamente numa linha reta, conforme apresentado na figura 1.

A zona de máxima oxidação de gorduras ficou situada entre 33,7% ± 6,2% a 67,0% ± 6,3% do VO_{2max}. O QRnp foi em média 0,89 ± 0,005, no pico de oxidação de gorduras (VO_{2max}, 50,6% ± 2,1%). Na intensidade média, onde as taxas de catabolismo de lipídios foram máximas, a contribuição relativa da oxidação de gorduras para o metabolismo energético foi 34,6% ± 1,6%.

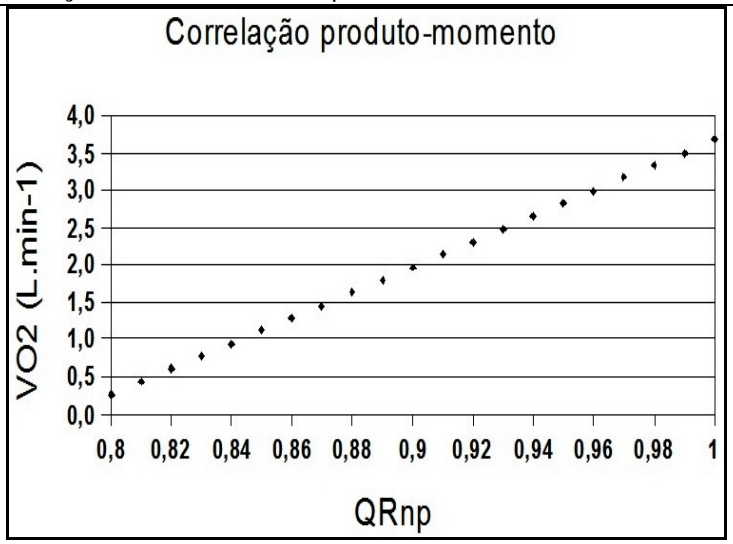


Figura 1 – Progressão linear do VO_2 absoluto em função do QRnp.

Fonte: Planilha de cálculo elaborada pelo autor.

A figura 2 ilustra a relação entre a taxa de oxidação de gorduras e a intensidade do exercício nos recrutas do Corpo de Bombeiros. Com a progressão da intensidade do exercício, a taxa de oxidação de gorduras aumentou para 0,35 $g.min^{-1}$ em 50,6% do VO_{2max}, onde, acima dessa intensidade, ocorreu a queda no catabolismo de gorduras.

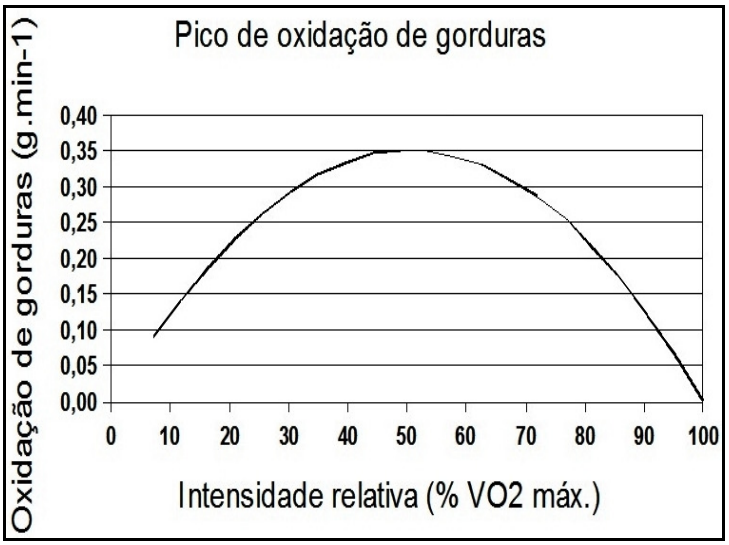


Figura 2 – Velocidade de oxidação de gorduras vs. intensidade do exercício (n = 45).

Fonte: Planilha de cálculo elaborada pelo autor.

Em comparação com a tendência central da população apresentada na tabela 3, o percentual de diferença entre as intensidades relativas médias do pico de oxidação de gorduras foi -1,0% (50,6% vs. 50,1%).

Confrontando as intensidades da zona de máxima oxidação de gorduras com os nossos resultados, obtivemos o percentual de diferença -1,2% (33,7% vs. 33,3%) e -4,5% (67,0% vs. 64,0%), para o limite inferior e para o limite superior, respectivamente.

Tabela 3 - Intensidade relativa do exercício onde ocorre a taxa de máxima oxidação de gorduras.

Autores (ano)	População	% $VO_{2máx.}$
Achten et al. (2002)	Ciclistas moderadamente treinados	64,0*
Achten et al. (2003)	Homens treinados em endurance	62,5
Bogdanis et al. (2008)	Homens sedentários com sobrepeso	40,1
	Mulheres sedentárias com sobrepeso	39,5
Deriaz et al. (2001)	Homens obesos	42,0
Maffeis et al. (2005)	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 et al. (2001)	Homens e mulheres com sobrepeso	33,3º
	Homens e mulheres com peso normal	50,1†
Riddell et al. (2008)	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 et al. (1999)	Mulheres obesas e mulheres com peso normal	50,0
Stisen et al. (2006)	Mulheres treinadas	53,0
	Mulheres não treinadas	56,0
Venables et al. (2005)	Homens saudáveis	45,0
	Mulheres saudáveis	52,0

† Tendência central;
* Valor máximo;
º Valor mínimo.

Conclusões

Tendo em vista os resultados deste estudo, ficou evidente que a correlação entre o VO_{2max} e o QRnp, através do cálculo linear, foi um eficiente instrumento para estimar a intensidade onde ocorre a máxima oxidação de gorduras, podendo este método de baixo custo ser empregado numa extensa população.

Referências

ACHTEN, J.; GLEESON, M.; JEUKENDRUP, A. E. **Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation**. Med Sci Sports Exerc 34: 92-97, 2002.

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. **Maximal fat oxidation during exercise in trained men**. Int J Sports Med 24: 603-608, 2003.

ACSM. **Manual do ACSM para avaliação da aptidão física relacionada à saúde**. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 2006.

ACSM. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 2007.

ÅSTRAND, P. O.; RODAHL, K.; DAHL, H. A.; STRØMME, S. B. **Tratado de fisiologia do trabalho: bases fisiológicas do exercício**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

BOGDANIS, G. C.; VANGELAKOUDI, A.; MARIDAKI, M. **Peak fat oxidation rate during walking in sedentary overweight men and women**. Journal of sports science and medicine 7: 525-531, 2008.

DÉRIAZ, O. et alii. **Skeletal muscle low attenuation area and maximal fat oxidation rate during submaximal exercise in male obese individuals**. International journal of obesity 25: 1579-1584, 2001.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 1997.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. **Avaliação da composição corporal aplicada**. São Paulo: Manole, 2000.

JEUKENDRUP, A. E.; ACHTEN, J. **Fatmax: a new concept to optimize fat oxidation during exercise?** European Journal of Sport Science, vol. 1, issue 5, 2001.

MAFFEIS, C. et alii. **Nutrient oxidation during moderately intense exercise in obese prepubertal boys**. The journal of clinical endocrinology and metabolism 90: 231-236, 2005.

MARINS, J. C. B.; GIANNICHI, R. S. **Avaliação e prescrição de atividade física: guia prático**. 3. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.

MAUGHAN, R.; GLEESON, M.; GREENHAFF, P. L. **Bioquímica do exercício e do treinamento**. São Paulo: Manole, 2000.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 1998.

PÉREZ-MARTIN, A. et alii. **Balance of substrate oxidation during submaximal exercise in lean and obese people**. Diabets metabolism 27: 466-474, 2001.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2000.

RIDDELL, M. C. et alii. **Fat oxidation rate and the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation decreases with pubertal status in young male subjects**. J Appl Physiol 105: 742-748, 2008.

STEFFAN, H. G. et alii. **Substrate utilization during submaximal exercise in obese and normal-weight women**. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 80: 233-239, 1999.

STISEN, A. B. et alii. **Maximal fat oxidation rates in endurance trained and untrained women**. Eur J Appl Physiol 98: 497-506, 2006.

VENABLES, M. C.; ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. **Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study**. Journal of applied physiology 98: 160-167, 2005.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L.; KENNEY, W. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2010.