

Cinética do Consumo de Oxigênio e Tempo Limite na vVO_{2max} : Comparação Entre Homens e Mulheres

Oxygen Uptake Kinetics and Threshold Time at the vVO_{2max} : Comparison Between Men and Women



Paulo Henrique Silva Marques de Azevedo^{1,2}

João Carlos de Oliveira¹

Herbert Gustavo Simões³

Vilmar Baldissera¹

Sérgio Eduardo de Andrade Perez¹

1. Universidade Federal de São Carlos, Laboratório de Fisiologia do Exercício (São Paulo, Brasil).

2. Faculdade Anhanguera de Bauru, Departamento de Educação Física (São Paulo, Brasil).

3. Universidade Católica de Brasília (Distrito Federal, Brasil) – Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos (Parecer nº 147/2006).

Endereço para correspondência:

Alameda das Primaveras, 351, Parque Vista Alegre – 17020-000 – Bauru, SP, Brasil

E-mail:

paulohazevedo@yahoo.com.br

Apoio financeiro: CNPq

RESUMO

Foi investigada a influência do gênero no tempo limite (T_{lim}) e na cinética do VO_2 durante corrida na velocidade associada ao VO_{2max} (vVO_{2max}) em nove homens e nove mulheres, todos adultos, jovens e sedentários, com idades entre 20 e 30 anos. Homens e mulheres realizaram dois testes em esteira rolante, sendo um teste incremental para determinar VO_{2max} ($42,66 \pm 4,50$ vs. $32,92 \pm 6,03$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) e vVO_{2max} ($13,2 \pm 1,5$ vs. $10,3 \pm 2,0$ km.h⁻¹), respectivamente. Um segundo teste com carga constante na vVO_{2max} até a exaustão. O T_{lim} e a cinética do VO_2 foram determinados. Não houve diferença significativa entre homens e mulheres para constante de tempo (τ) ($35,76 \pm 21,03$ vs. $36,5 \pm 6,21$ s, respectivamente; $P = 0,29$); T_{lim} ($308 \pm 84,3$ vs. $282,11 \pm 57,19$ s, respectivamente; $P = 0,68$), tempo para atingir o VO_{2max} ($TAVO_{2max}$) ($164,48 \pm 96,73$ vs. $167,88 \pm 28,59$ s, respectivamente; $P = 0,29$), tempo para atingir o VO_{2max} em percentual do T_{lim} ($\%T_{lim}$) ($50,24 \pm 16,93$ vs. $62,63 \pm 16,60$ %, respectivamente; $P = 0,19$), tempo mantido no VO_{2max} ($TMVO_{2max}$) ($144,08 \pm 42,55$ vs. $114,23 \pm 76,96$ s, respectivamente; $P = 0,13$). Estes resultados sugerem que a cinética do VO_2 e o T_{lim} são similares entre homens e mulheres sedentários na vVO_{2max} .

Palavras-chave: gênero; tempo para exaustão na vVO_{2max} ; cinética do VO_2 .

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the influence of gender on T_{thre} and VO_2 response during running exercise performed at vVO_{2max} . Therefore, eighteen untrained individuals (9 male and 9 female) with normal weight and aged between 20 – 30 years ($VO_{2max} = 42.66 \pm 4.50$ vs 32.92 ± 6.03 mL.kg⁻¹.min⁻¹ and $vVO_{2max} = 13.2 \pm 1.5$ vs 10.3 ± 2.0 km.h⁻¹, for male and female, respectively) were assessed. Subjects performed two exercise tests on treadmill. First one was an incremental test to determine VO_{2max} , velocity at VO_{2max} (vVO_{2max}) and second test was performed at steady velocity - vVO_{2max} - until exhaustion. The threshold time (T_{thre}) and VO_2 kinetics response was determined. No significant differences were observed between men and women for time constant (τ) (35.76 ± 21.03 vs 36.5 ± 6.21 s, respectively; $P = 0.29$); T_{thre} (308 ± 84.3 vs 282.11 ± 57.19 s, respectively; $P = 0.68$), time to achieve VO_{2max} ($TAVO_{2max}$) (164.48 ± 96.73 vs 167.88 ± 28.59 s, respectively; $P = 0.29$), time to achieve VO_{2max} in T_{thre} percentage ($\%T_{thre}$) (50.24 ± 16.93 vs 62.63 ± 16.60 %, respectively; $P = 0.19$); time maintained at VO_{2max} ($TMVO_{2max}$) (144.08 ± 42.55 vs 114.23 ± 76.96 s, respectively; $P = 0.13$). These results suggest that the VO_2 kinetics response and T_{thre} is similar between untrained men and women at the vVO_{2max} .

Keywords: gender; exhaustion time at VO_{2max} ; VO_2 kinetics.

INTRODUÇÃO

O estudo em fisiologia do exercício proporciona excelente método para aumentar nosso entendimento de como os diversos sistemas fisiológicos respondem e interagem frente ao exercício físico. Nesta perspectiva, o VO_2 medido por meio da ventilação pulmonar durante o exercício incremental ou de carga constante é variável fisiológica que reflete o ajuste sistêmico do transporte de O_2 e do metabolismo muscular⁽¹⁾, ou seja, a interação entre os sistemas respiratório, cardíaco, vascular e muscular⁽²⁾. O estudo das trocas gasosas durante a transição do estado de repouso para exercício físico permite avaliar a cinética (tempo de resposta) do VO_2 . Adicionalmente, foi reportado que a cinética do VO_2 na intensidade associada ao VO_{2max} (vVO_{2max}) apresenta característica monoexponencial^(3,4).

Quando um indivíduo parte da situação de repouso para um exercício de alta intensidade (i.e. 100% vVO_{2max}), a taxa de aumento na fosforilação oxidativa é igual à constante tempo (τ) para a cinética do VO_2 . Quanto

mais rápido ocorrerem os ajustes do metabolismo oxidativo, menor será o desgaste e consequentemente a fadiga será retardada^(2,3). Este índice fisiológico reflete a adaptação do sistema cardiovascular e muscular em resposta à carga de trabalho⁽⁴⁾. Tem sido encontrada correlação inversa entre o τ , VO_{2max} ^(7,8) e atividade da enzima citrato sintase⁽⁵⁾, indicando limitação periférica para o VO_2 (inércia metabólica) como sendo o principal fator limitante para o rápido ajuste do metabolismo aeróbio⁽⁶⁾.

Tem sido hipotetizado que a resposta frente ao esforço físico de carga constante, controlada pela oferta e utilização de O_2 , pode diferir entre homens e mulheres^(7,8). Entretanto, em exercício executado em intensidade de 80% do limiar ventilatório, não foi observada diferença entre homens e mulheres⁽⁷⁾. Em outro estudo⁽⁹⁾ foram comparados alguns parâmetros da cinética do VO_2 entre homens e mulheres atletas de *endurance*. As mulheres apresentaram menores valores de VO_{2max} e vVO_{2max} , com tempo limite de corrida na vVO_{2max} (T_{lim}) maior em

relação aos homens, contudo, sem diferenças significantes entre os gêneros⁽⁹⁾. Já Clark *et al.*⁽¹⁰⁾ sugerem que há diferenças no fluxo sanguíneo, ou ainda, no metabolismo muscular entre gêneros, conferindo às mulheres vantagens sobre os homens na manutenção da capacidade de ressíntese de Mg-ATP. Segundo os mesmos autores, as mulheres possuem maior capacidade relativa de recrutamento das unidades motoras (UMs) em alta intensidade de trabalho muscular comparadas aos homens, embora ponderem não ser possível atribuir uma relação de causa e efeito, corroborando com os estudos anteriormente conduzidos por Clark *et al.*⁽¹¹⁾. Hunter *et al.*⁽¹²⁾, também investigando diferenças entre homens e mulheres submetidos a séries intermitentes (6s de contração e 4s de descanso) de contrações submáximas (50% CVM) dos músculos flexores do cotovelo, verificaram que as mulheres desenvolviam torques semelhantes aos dos homens para a mesma tarefa de força, e que estas não eram estatisticamente diferentes entre si. Porém, o tempo para atingir a fadiga era quase duas vezes maior para as mulheres quando comparado aos homens, sendo esta diferença significativa. Portanto, há contradições na literatura quanto à resposta de homens e mulheres frente ao exercício físico. Adicionalmente, não há estudos determinando os parâmetros vVO_{2max} , T_{lim} e porcentagem do T_{lim} em que o VO_{2max} é alcançado em indivíduos sedentários, e sua comparação entre homens e mulheres. Portanto, o objetivo do presente estudo foi o de determinar e comparar as variáveis da cinética do VO_2 e o T_{lim} entre homens e mulheres durante corrida realizada na vVO_{2max} em esteira rolante. Nossa hipótese é a de que a cinética do VO_2 seja mais rápida para os homens e o T_{lim} maior para as mulheres.

MÉTODOS

Sujeitos

Participaram do estudo nove homens e nove mulheres, sedentários⁽¹³⁾, sem prática de qualquer atividade física havia pelo menos seis meses, com idades entre 20 e 30 anos. Os sujeitos não eram fumantes e não apresentaram qualquer impedimento de ordem cardiológica, endocrinometabólica ou musculoesquelética, avaliado por exame médico. As características dos sujeitos estão apresentadas na tabela 1.

Todos os participantes desta investigação foram informados textualmente e verbalmente dos possíveis riscos e benefícios intrínsecos aos testes realizados e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos (Parecer nº 147/2006).

Avaliação antropométrica

Os indivíduos foram avaliados antropométricamente com auxílio de um estadiômetro do tipo trena da marca Seca®, modelo 206, e em seguida pesados em uma balança da marca Tanita®, modelo Body Composition Analyzer – TBF310, no modo *standard*, observando sempre 12h de jejum prévio, no período entre 10 e 12h, com bexiga urinária vazia.

MATERIAL

Os testes foram realizados em esteira rolante motorizada (G-635, Pro Action BH Fitness – Explorer G. 635 – Alemanha) mantida com inclinação de 1%⁽¹⁴⁾. As variáveis ventilatórias foram mensuradas utilizando o analisador metabólico de gases (modelo Aerograph VO2000 – Medical Graphics Corporation – EUA)⁽¹⁵⁾. Os gases expirados foram analisados com média de 20 segundos para o teste incremental. Para o teste de carga constante na vVO_{2max} os gases expirados foram analisados com média de três ciclos respiratórios. Os dados foram processados pelo *software* Aerograph e posteriormente transferidos para o *software* Microcal Origin 7.0, Northampton, MA, EUA.

Cada voluntário participou de duas sessões experimentais, realizadas em dias diferentes e consecutivos, sendo orientados a comparecerem aos testes descansados, alimentados e hidratados.

Determinação do VO_{2max} e vVO_{2max}

Para a determinação do VO_{2max} , vVO_{2max} , velocidade associada ao limiar ventilatório (vLV) e velocidade associada ao limiar de compensação respiratória (vLCR), os sujeitos realizaram teste incremental em esteira rolante. A velocidade inicial foi de $4\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, com incremento da velocidade da ordem de $1\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos. Antes do início do teste os sujeitos realizaram alongamento prévio sem interferência dos pesquisadores. O final do teste foi determinado pela exaustão voluntária dos sujeitos, mesmo com incentivo verbal do pesquisador, padronizado para todos os sujeitos.

O mais alto VO_2 obtido durante 20 segundos foi considerado como o VO_{2max} . Como critérios para a determinação do VO_{2max} foram utilizados: 1) $QR \geq 1,1$; 2) concentração de lactato sanguíneo $\geq 8\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; e 3) visualização da estabilização do consumo de oxigênio (platô), mesmo com aumento da intensidade de esforço⁽¹⁶⁾. Para caracterizar o VO_{2max} , ao menos dois destes critérios devem ser observados. A vVO_{2max} foi considerada como a menor velocidade em que o VO_{2max} foi obtido^(12,19,20).

O limiar ventilatório (LV) foi determinado por meio de três parâmetros ventilatórios: (1) primeira perda na linearidade da ventilação; (2) aumento da curva representativa do equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2), sem concomitante aumento do equivalente ventilatório de CO_2 ; (3) aumento da fração expirada de oxigênio ($\%FEO_2$)⁽¹⁷⁾. O limiar de compensação respiratória (LCR) foi determinado por meio de três parâmetros ventilatórios: (1) segunda perda na linearidade da ventilação; (2) aumento da curva representativa do equivalente ventilatório de CO_2 (VE/VCO_2); (3) diminuição da fração expirada de CO_2 ($\%FECO_2$)⁽¹⁷⁾. O LV1 e LCR foram determinados através de inspeção visual, por dois pesquisadores experientes e independentes.

Determinação da cinética do VO_2

No dia seguinte os sujeitos realizaram um teste de carga constante na vVO_{2max} para determinação do tempo limite (T_{lim}), tempo para atingir o VO_{2max} ($TAVO_{2max}$), tempo mantido no VO_{2max} ($TMVO_{2max}$), distância total percorrida (D_{max}) e constante tempo (τ), sendo realizada uma única transição⁽⁴⁾. Os testes de carga constante foram realizados no mesmo horário do teste incremental, com variação de \pm duas horas⁽¹⁸⁾.

Inicialmente os sujeitos realizaram aquecimento muscular à vontade. Após aquecimento, permaneceram por três minutos em repouso para a coleta dos gases expirados de repouso (basal). A velocidade foi ajustada para a intensidade associada ao VO_{2max} de cada sujeito determinada previamente como descrito acima. Quando atingido o tempo de três minutos de repouso, o sujeito se posicionava sobre a esteira rolante, apoiado inicialmente no corrimão da esteira e soltando do mesmo assim que ajustasse sua velocidade de corrida com a da esteira. Neste momento era acionado o cronômetro manual, que era encerrado com a exaustão do sujeito.

O T_{lim} foi considerado como o tempo total de corrida mantida na vVO_{2max} em segundos. A cinética do VO_2 durante o teste de carga constante na vVO_{2max} foi descrita por uma função monoexponencial através de um modelo de regressão não linear (Microcal Origin 7.0, Northampton, MA, EUA) utilizando os dados de VO_2 com média de três (3) respirações:

$$VO_2(t) = VO_{2b} + A \cdot (1 - e^{-(t/\tau)}) \quad (1)$$

Em que o $VO_2(t)$ é o consumo de oxigênio em determinado tempo; VO_{2b} é o consumo de oxigênio ao início do teste; A é a amplitude no consumo de oxigênio ($VO_{2assimptota} - VO_{2base}$) e o τ é a constante temporal da equação (definida como o tempo requerido para atingir 63% de A)^(19,20).

Foi considerado que o VO_2 tenha essencialmente alcançado seu valor máximo quando o valor de $(1 - e^{-(t/\tau)})$ a partir da equação 1 fosse igual a 0,99, i.e. para 99% do valor de A , $t = (4,6 \cdot \tau)$, e assumindo que o VO_2 projetado é igual ao VO_{2max} ⁽²¹⁾. Portanto, para cada teste, o $TAVO_{2max}$ foi definido como $4,6 \cdot \tau$. O tempo mantido no VO_{2max} ($TMVO_{2max}$) foi calculado subtraindo-se o T_{lim} do $TAVO_{2max}$ ^(19,20). A distância percorrida foi calculada pelo produto da velocidade pelo tempo.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi empregada a prova de Shapiro-Wilk e de Bartlett para verificar a distribuição dos dados e sua variabilidade. Para verificar a influência do gênero sobre as variáveis dependentes com distribuição normal empregou-se o teste *t* de Student, e os valores expressos pela média e desvio padrão ($M \pm SD$). Por sua vez, nas variáveis que não apresentaram distribuição normal, utilizou-se a prova estatística de Mann-Whitney, sendo os valores expressos pela $M \pm SD$. A correlação dos dados foi feita através da correlação de Spearman. Aceitou-se a significância estatística em $\alpha \leq 0,05$. Todo o processamento estatístico foi realizado utilizando-se o ambiente estatístico R (*software* livre versão 2.3.1, R Development Core Team, 2006).

RESULTADOS

As características físicas dos sujeitos estão apresentadas na tabela 1. Foram encontradas diferenças significantes para todas as variáveis antropométricas entre os gêneros.

Tabela 1. Descrição e comparação da idade e características antropométricas de acordo com o grupo ($M \pm SD$).

Variável	Homem (n = 9)	Mulher (n = 9)	P
Idade (anos)	25,2 (2,6)	22,1 (1,8)	0,0113
Massa corpórea (kg)	77,3 (12,3)	58,6 (9,6)	0,0026
Estatura (cm)	175,6 (7,5)	164,8 (5,4)	0,0034
Porcentagem de gordura	16,9 (5,7)	26,7 (5,7)	0,0022
Massa livre de gordura (kg)	64,0 (10,2)	42,6 (5,2)	0,0001

Os dados obtidos durante o teste incremental máximo estão sumarizados na tabela 2. Não foi encontrada diferença entre os sexos para vLV , $vLCR$, LV em $\%VO_{2max}$, LCR em $\%VO_{2max}$, LV em $\%vVO_{2max}$, LCR em $\%vVO_{2max}$. Contudo, foi encontrada diferença significativa para o VO_{2max} ($42,66 \pm 4,50$ vs. $32,92 \pm 6,03$; $P = 0,001$) e vVO_{2max} ($13,2 \pm 1,5$ vs. $10,3 \pm 2,0$; $P = 0,01$) entre homens e mulheres, respectivamente.

Tabela 2. Variáveis obtidas durante teste incremental expressas em média ($\pm SD$).

Variáveis	Homem	Mulher	P
VO_{2max} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	42,66 (4,50)	32,92 (6,03)	0,0015
vVO_{2max} ($km \cdot h^{-1}$)	13,2 (1,5)	10,3 (2,0)	0,0108
vLV ($km \cdot h^{-1}$)	8,6 (1,8)	6,4 (1,5)	0,0543
$vLCR$ ($km \cdot h^{-1}$)	11,1 (2,1)	8,8 (1,9)	0,0601
LV % VO_{2max}	61,7 (14,9)	58,8 (10,6)	0,6487
LCR % VO_{2max}	79,1 (10,2)	76,4 (12,7)	0,6240
LV % vVO_{2max}	64,2 (7,4)	62,5 (6,7)	0,9849
LCR % vVO_{2max}	83,5 (8,6)	85 (7)	0,4450

VO_{2max} = consumo máximo de oxigênio; vVO_{2max} = velocidade associada ao VO_{2max} ; vLV = velocidade associada ao limiar ventilatório; $vLCR$ = velocidade associada ao limiar de compensação respiratória; LV % VO_{2max} = LV como percentual do VO_{2max} ; LCR % VO_{2max} = LCR como percentual do VO_{2max} ; LV % vVO_{2max} = LV como percentual da vVO_{2max} ; LCR % vVO_{2max} = LCR como percentual da vVO_{2max} .

O T_{lim} e a cinética do VO_2 no teste de carga constante na vVO_{2max} estão apresentados na tabela 3. As variáveis T_{lim} , $TAVO_{2max}$, $\%T_{lim}$, $TMVO_{2max}$ e τ não foram diferentes entre homens e mulheres. Correlação significativa foi observada somente entre T_{lim} e LCR em $\%vVO_{2max}$ para mulheres ($r = 0,86$, $P = 0,0028$), e T_{lim} e τ para homens ($r = 0,88$; $P = 0,0031$).

DISCUSSÃO

A importância deste estudo está no fato de se entender o ajuste da cinética do VO_2 de homens e mulheres com o mesmo nível de condicionamento, em exercício na intensidade associada ao VO_{2max} , o que presumivelmente poderia acelerar a cinética do VO_2 para os sujeitos com maiores valores de VO_{2max} , o que não ocorreu no pre-

Tabela 3. Respostas em média ($\pm SD$) para corrida de velocidade constante na vVO_{2max} ,

Variáveis	Homem (n = 9)	Mulher (n = 9)	P
T_{lim} (s)	308 (84,3)	282,11 (57,19)	0,6849
$TAVO_{2max}$ (s)	164,48 (96,73)	167,88 (28,59)	0,2973
$\%T_{lim}$	50,24 (16,93)	62,63 (16,60)	0,1903
$TMVO_{2max}$ (s)	144,08 (42,55)	114,23 (76,96)	0,1359
Distância (m)	1130,61 (293,81)	800,99 (168,10)	0,0078
τ	35,76 (21,03)	36,5 (6,21)	0,2973
Amplitude	3,0 (0,7)	1,8 (0,4)	0,0003

T_{lim} = tempo limite; $TAVO_{2max}$ = tempo para atingir o VO_{2max} ; $\%T_{lim}$ = tempo para atingir o VO_{2max} como percentual do T_{lim} ; $TMVO_{2max}$ = tempo mantido no VO_{2max} ; τ = constante tempo.

sente estudo. Os principais achados do presente estudo mostram que, apesar dos maiores valores de VO_{2max} dos homens, a cinética do VO_2 é semelhante entre os sexos, não influenciando diretamente o T_{lim} e os outros parâmetros da cinética do VO_2 . Os dados da cinética do VO_2 que devem ser utilizados para a prescrição do treinamento aeróbio intervalado não foram diferentes entre homens e mulheres.

Quando um indivíduo parte da situação de repouso para um exercício de alta intensidade (i.e. 100% vVO_{2max}), a frequência de aumento na fosforilação oxidativa é igual à constante tempo (τ) para a cinética do VO_2 . Segundo Korzeniewski e Zoladz⁽²²⁾, o principal fator determinante do aumento da fosforilação oxidativa é a diminuição da concentração de fosfocreatina e aumento da concentração de creatina livre. Quanto mais rápido ocorrerem os ajustes do metabolismo oxidativo, menor será o desgaste e consequentemente a fadiga será retardada^(2,3) devido ao menor déficit de O_2 , pequeno aumento nas concentrações de H^+ e reduzida degradação do glicogênio muscular, sendo que os valores de τ são dependentes também do tipo de fibra muscular e capilarização⁽²³⁾ (Figura 1).

No presente estudo não houve diferença estatística significativa entre gêneros para o τ expresso em segundos. Os valores determinados estão dentro do reportado pela literatura corrente (35 a 50 segundos). Os valores de τ do presente estudo são superiores aos encontrados por Fawcner *et al.*⁽⁷⁾, que encontraram 27,9s para homens e 26s para mulheres, e menor do que o reportado por Caputo *et al.*⁽²⁴⁾ para homens. Contudo, o exercício de carga constante do trabalho de Fawcner *et al.*⁽⁷⁾ foi na intensidade de 80% do limiar ventilatório, enquanto o de Caputo *et al.*⁽²⁴⁾ foi corrida na vVO_{2max} com as velocidades sendo semelhantes. Uma outra explicação para a diferença reportada se deve aos maiores valores de VO_{2max} e amplitude determinados no presente estudo quando comparados aos dados de Fawcner *et al.*⁽⁷⁾ em resposta a diferentes intensidades de esforço e aptidão aeróbia. A potência aeróbia foi semelhante aos homens analisados por Caputo *et al.*⁽²⁴⁾ ($43,5 \pm 7$ vs. $42,66 \pm 4,5 mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ do presente estudo). A ausência de diferença entre os sexos demonstra que, mesmo os homens possuindo maiores valores de VO_{2max} quando comparados às mulheres, ambos possuem o mesmo potencial oxidativo para a ressíntese de Mg-ATP. Diferença entre homens e mulheres no valor do τ era esperada, visto que homens apresentam maiores valores de VO_{2max} , maiores concentrações de hemoglobina e volume de sangue total do que as mulheres, o que garante que mais O_2 seja carregado e ofertado aos tecidos⁽²⁵⁾. Contudo, a dinâmica do VO_2 também é dependente da inércia metabólica e tipo de fibra recrutada^(2,5,8,30).

Os resultados do presente estudo demonstram correlação positiva entre o τ e o T_{lim} para homens e T_{lim} e LCR % vVO_{2max} para mulheres, o que pode indicar maior dependência do metabolismo anaeróbio para suportar exercício de alta intensidade (i.e. vVO_{2max}) em sujeitos com baixa aptidão aeróbia. Nossos achados corroboram com os estudos de Carter *et al.*⁽¹⁸⁾ e Faina *et al.*⁽²⁶⁾, que demonstraram correlação positiva entre o déficit acumulado de O_2 e o T_{lim} . Estes dados demonstram atraso na resposta do metabolismo oxidativo em relação à demanda energética durante esforço máximo, tendo como causas principais a inércia

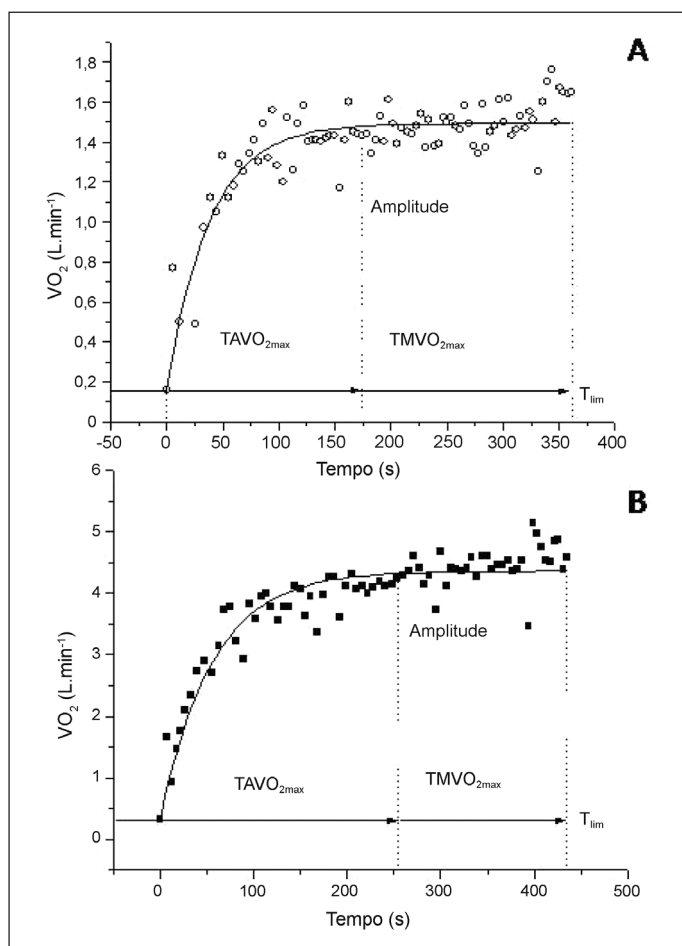


Figura 1. Resposta do VO_2 observada em uma mulher (A) e um homem (B) durante corrida de velocidade constante na vVO_{2max} .

metabólica e o recrutamento aumentado de fibras tipo II⁽⁵⁾ e em menor extensão a oferta de O_2 ⁽⁷⁾. Em contraste, Billat *et al.*⁽⁹⁾ encontraram correlação positiva entre T_{lim} na vVO_{2max} e déficit acumulado de oxigênio para homens atletas e correlação positiva entre T_{lim} na vVO_{2max} e VO_{2max} para mulheres atletas. Segundo a conclusão dos autores, estes dados sugerem que o T_{lim} na vVO_{2max} é dependente da potência aeróbia no caso das mulheres e capacidade anaeróbia para os homens.

REFERÊNCIAS

- Xu F, Rhodes EC. Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Med* 1999;27:313-27.
- Grassi B. Skeletal muscle VO_2 on-kinetics: set by O_2 delivery or by O_2 utilization? New insights into an old issue. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:108-16.
- Grassi B. Regulation of oxygen consumption at exercise onset: is it really controversial? *Exerc Sport Sci Rev* 2001;29:134-8.
- Markovitz GH, Sayre JW, Storer TW, Cooper CB. On issues of confidence in determining the time constant for oxygen uptake kinetics. *Br J Sports Med* 2004;38:553-60.
- Scheuermann BW, Barstow TJ. O_2 uptake kinetics during exercise at peak O_2 uptake. *J Appl Physiol* 2003;95:2014-22.
- Millet GP, Jaouen B, Borrani F, Candau R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO_2 kinetics. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1351-9.
- Fawcner SG, Armstrong N, Potter CR, Welsman JR. Oxygen uptake kinetics in children and adults after the onset of moderate-intensity exercise. *J Sports Sci* 2002;20:319-26.
- Hughson RL, Tschakovsky ME, Houston ME. Regulation of oxygen consumption at the onset of exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 2001;29:129-33.
- Billat V, Beillot J, Jan J, Rochcongar P, Carre F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO_{2max} with other bioenergetic characteristics. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1049-55.
- Clark BC, Collier SR, Manini TM, Ploutz-Snyder LL. Sex differences in muscle fatigueability and activation patterns of the human quadriceps femoris. *Eur J Appl Physiol* 2005;94:196-206.
- Clark BC, Manini TM, The DJ, Doldo NA, Ploutz-Snyder LL. Gender differences in skeletal muscle fatigueability are related to contraction type and EMG spectral compression. *J Appl Physiol* 2003;94:2263-72.
- Hunter SK, Critchlow A, Shin IS, Enoka RM. Men are more fatigable than strength-matched women when performing intermittent submaximal contractions. *J Appl Physiol* 2004;96:2125-32.
- Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, et al. Exercise Standards for Testing and Training A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Circulation* 2001;104:1694-740.
- Jones AM, Doust JH. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci* 1996;15:321-7.

Não foi encontrada diferença no T_{lim} entre homens e mulheres no presente estudo. O T_{lim} representa o tempo máximo que o sujeito consegue manter uma atividade física antes da instalação da fadiga. Tem sido demonstrado que o T_{lim} na intensidade associada ao VO_{2max} (VO_{2max}) fica entre dois minutos e 30 segundos a 10 minutos^(9,27). Nossos dados são semelhantes aos apresentados por Millet *et al.*⁽²⁸⁾, com sujeitos triatletas bem treinados ($T_{lim} = 235,6 \pm 49,2s$) e inferiores aos de Caputo *et al.*⁽²⁴⁾ com homens sedentários ($439 \pm 104s$) e mesmo nível de potência aeróbia do que os sujeitos do presente estudo. No trabalho de Billat *et al.*⁽⁹⁾ com grupo homogêneo, as mulheres apresentaram menor valor de VO_{2max} ($63,2 \pm 4,2$ vs. $77,7 \pm 6,4 mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e de vVO_{2max} ($17,28 \pm 0,7$ vs. $20,88 \pm 1,08 km \cdot h^{-1}$) em relação aos homens, porém o T_{lim} das mulheres foi superior (421 ± 129 vs. $367 \pm 118s$). Contudo, sem diferença significativa entre os gêneros. No presente estudo houve diferença significativa na vVO_{2max} e no VO_{2max} entre gêneros, mas não para o T_{lim} , assim como os dados de Billat *et al.*⁽⁹⁾. Os maiores valores de T_{lim} demonstrados no estudo de Billat *et al.*⁽⁹⁾, em comparação com nossos achados, podem ser devidos a melhor potência e capacidade aeróbia e anaeróbia dos indivíduos do estudo de Billat *et al.*⁽⁹⁾ quando comparados aos do presente estudo. Adicionalmente aos dados de Billat *et al.*⁽⁹⁾ que analisaram atletas de *endurance* de alta *performance* e mesmo nível de desempenho entre gêneros, este parece ser o primeiro trabalho a comparar o $TMVO_{2max}$, $TAVO_{2max}$, τ , T_{lim} , D_{max} e vVO_{2max} entre homens e mulheres sedentários saudáveis na vVO_{2max} em esteira rolante. A ausência de diferença significativa entre homens e mulheres no presente estudo, e a baixa correlação entre o T_{lim} e as outras variáveis estudadas podem ser devidas ao erro do tipo II, dado que o T_{lim} sofreu grande variabilidade interindividual.

CONCLUSÃO

Concluimos que a cinética do VO_2 e seus parâmetros associados não são diferentes entre homens e mulheres jovens sedentários e saudáveis quando submetidos a exercício de carga constante na vVO_{2max} . A diferença no VO_{2max} entre homens e mulheres e a ausência de diferença no τ associados à baixa correlação entre as variáveis, refletem a similaridade entre homens e mulheres com relação ao metabolismo oxidativo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro à pesquisa, e ao Prof. Dr. Fabrizio Caputo pelo auxílio no estudo da cinética do VO_2 .

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

- Macfarlane DJ. Automated Metabolic Gas Analysis Systems: A Review. *Sports Med* 2001;31:841-61.
- Azevedo PHSM, Araújo CGS, Caputo F, Reis VM. Biomotricity Roundtable – Consumo máximo de oxigênio. *Brazilian Journal Biomechanics* 2010;4:3-13.
- Bhambhani Y, Singh M. Ventilatory thresholds during a graded exercise test. *Respiration* 1985;47:120-8.
- Carter H, Jones AM, Maxwell NS, Doust JH. The effect of intertidal and diurnal variation on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *J Sports Sci* 2002;20:901-9.
- Caputo F, Denadai BS. Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise. *Eur J Appl Physiol* 2004;93:87-95.
- Caputo F, Denadai BS. Exercise mode affects the time to achieve VO_{2max} without influencing maximal exercise time at the intensity associated with VO_{2max} in triathletes. *Int J Sports Med* 2005;26:1-6.
- Hill DW, Poole DC, Smith JC. The relationship between power and the time to achieve VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:709-14.
- Korzeniewski B, Zoladz JA. Possible Factors determining the Non-Linearity in the VO_2 -power output relationship in humans: theoretical studies. *Japanese Journal of Physiology* 2003;53:271-80.
- Pringle JSM, Doust JH, Carter H, Tolfrey K, Campbell IT, Jones AM. Oxygen uptake kinetics during moderate, heavy and severe intensity submaximal exercise in humans: the influence of muscle fiber type and capillarisation. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:289-300.
- Caputo F, Mello MT, Denadai BS. Oxygen uptake kinetics and time to exhaustion in cycling and running: a comparison between trained and untrained subjects. *Arch Physiol Biochem* 2003;111:461-6.
- Akalan C, Kravitz L, Robergs RA. VO_{2max} : Essentials of the most widely used test in exercise physiology. *Health & Fitness Journal* 2004;8:5-9.
- Faina M, Billat V, Squadrone R, De Angelis M, Koralsztein JP, Dal Monte A. Anaerobic contribution to the time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakers and swimmers. *Eur J Appl Physiol* 1997;73:13-20.
- Demarie S, Koralsztein P, Billat V. Time limit and time at VO_{2max} during a continuous and an intermittent run. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2000;40:96-102.
- Millet GP, Candau R, Fattori P, Bignet F, Varray F. VO_2 response to different intermittent runs at velocity with VO_{2max} . *Can J Appl Physiol* 2003;28:410-23.